Ueber die

Bedeutung des Kalks

für den

thierischen Organismus.

Inaugural-Dissertation

der

medicinischen Facultät der Ludwigs-Maximilians-Universität

unter

dem Präsidium des Herrn Prof. Dr. C. v. Voit

vorgelegt von

Dr. Erwin Voit.

München.
Druck von R. Oldenbourg.
1880.

Ueber die

Bedeutung des Kalks

für den

thierischen Organismus.

Inaugural-Dissertation

der

medicinischen Facultät der Ludwigs-Maximilians-Universität

unter

dem Präsidium des Herrn Prof. Dr. C. v. Voit

vorgelegt von

Dr. Erwin Voit.

München.
Druck von R. Oldenbourg.
1880.

In dem thierischen Organismus findet sich nur eine geringe Zahl von Aschebestandtheilen. Dieselben treten in den einzelnen Organen in ganz bestimmter, für alle Thiere fast gleicher Anordnung zu einander auf.[1])

Es ist durch diese Constanz schon ersichtlich, dass die Aschebestandtheile eine bestimmte Bedeutung für den Organismus zu erfüllen haben und für denselben unentbehrlich sind, was auch experimentell, hauptsächlich durch Forster[2]), nachgewiesen wurde.

Forster's Untersuchungen lassen uns im Allgemeinen die Nothwendigkeit der Zufuhr von Asche erkennen, da das Thier zu Grunde geht, wenn es daran bis zu einem gewissen Grade verarmt. Wir haben aber damit noch keine Vorstellung über die Rolle, welche jeder einzelne Aschebestandtheil in den verschiedenen Organen spielt, gewonnen. Ebenso ist dadurch nicht klar geworden, in welcher Weise die anorganische Substanz mit der organischen zusammenhängt. Es lässt sich aus den genannten Versuchen nur der eine Schluss ziehen, dass in der Verbindung zwischen beiden ein gewisser Spielraum existirt, weil die Organe der mit aschearmer Nahrung gefütterten Hunde alle beträchtlich an Asche procentisch

1) Vorläufige Mittheilung der Resultate durch C. Voit, amtl. Bericht d. 50. Vers. deutscher Naturforscher in München 1877 S. 242.

2) Zeitschrift für Biologie 1873 Bd. 9 S. 297.

abgenommen hatten, dass also die organische Grundlage nicht zerfällt, wenn sie eines gewissen Theils ihrer Salze beraubt wird. Wird hierin eine gewisse Grenze überschritten, so geht nicht etwa die Zelle zu Grunde, sondern es tritt eine das Leben gefährdende Aenderung in deren Function ein, wie aus den Erscheinungen von Seite des Muskel- und Nervensystems bei Forster's Thieren ersichtlich ist.

Es wäre dieses Verhalten analog dem einer höheren chemischen Verbindung, welche ihren individuellen Charakter noch nicht zu verlieren braucht, wenn auch eine Gruppe von Molekülen daraus genommen wird. Wir haben aber in unserem Falle keine Vorstellung darüber, welche Veränderung die Verbindung mit der Verarmung an Asche erfährt.

Ganz ähnliche Verhältnisse sind wohl auch für die Knochenerde bei dem Skelet gegeben. Der Knochen ist so wenig ein chemisches Individuum wie die Leber, auch wenn wir uns aus ihr die Blut- und Lymphgefässe etc. entfernt denken. Auch der Knochen hat seine Zellen und seine Bindesubstanz wie jedes andere Organ. Man hat sich vielfach bemüht, die chemische Verbindung zwischen organischer Substanz und Knochenerde in ihm nachzuweisen. Sollte aber auch die letztere mit der Grundsubstanz in bestimmter chemischer Beziehung stehen, so wie das Eisen zum Hämoglobin, so kann doch der Knochen variable Mengen derselben enthalten. Dagegen ist nicht von der Hand zu weisen, dass der Gehalt an Asche zwar geringer werden, aber nicht ganz verschwinden kann.

Für die Variabilität der Asche sprechen vor allem die Verhältnisse beim Wachsthum des Knochens, wo die Ascheablagerung erst nach und nach geschieht. Dieselbe nimmt mit dem Alter procentisch zu. Bibra[1]) fand für den trockenen fettfreien Knochen bei einem 6—7 Monat alten Fötus 59,5% Asche (S. 154), bei einem Kinde von 2 Monaten 65,3% Asche (S. 155) und von 5 Jahren 67,8% (S. 156); eben so waren im Femur einer jungen Taube 54% (S. 205), bei einer alten 78% Asche (S. 206) enthalten. Bei neugeborenen Hunden bekam er im Femur 54% (S. 146), bei einem 6 Wochen

1) Bibra, chem. Unters. über die Knochen und Zähne 1844.

alten schon 62% (S. 146). Das Nämliche konnte Wildt[1]) für wachsende Kaninchen nachweisen, denn er fand im trockenen fettfreien, mit Wasser ausgewaschenen Knochen derselben gleich nach der Geburt 53% Asche, mit 14 Tagen 55%, mit 1 Monat 58,9% und mit 3 Monaten 67,7% Asche, was sich noch bis auf 74% beim ausgewachsenen Thiere erhöhte.

In ganz ähnlicher Weise erkannte Aeby[2]) bestimmte Unterschiede bei den einzelnen Thierklassen. Er giebt für den trockenen fettfreien compacten Röhrenknochen beim Rinde 71,6—74,7% Asche, dagegen beim Menschen für den nämlichen Knochen 67,6—68,8% Asche an. Etwas niedrigere Werthe, jedoch die nämlichen Differenzen, findet Zalesky[3]), der allerdings die einzelnen zur Analyse verwendeten Knochen nicht näher angiebt: für den Ochsen im Mittel 68,0%, für den Menschen 65,4% Asche.

Noch weiter gehen die Zahlen aus einander, wenn wir pathologische Zustände mit hereinziehen. Bei Rhachitis[4]) sinkt z. B. der Aschegehalt nach verschiedenen Untersuchungen bis auf 20 und 19% für den trockenen, fetthaltigen compacten Röhrenknochen herab.

Ganz ähnliche Differenzen zeigen die einzelnen Aschebestandtheile. Nach Wildt's[5]) Untersuchungen steigt mit dem Alter die Kohlensäuremenge im wachsenden Knochen, dagegen sinkt die Magnesia und die Phosphorsäure; in 100 Asche der Kaninchenknochen sind:

	Kohlensäure	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure
nach der Geburt	3,65	52,17	1,38	42,05
1 Monat alt . .	4,00	51,91	1,22	42,02
1 Jahr alt . .	5,71	52,61	0,91	40,04

Nach Zalesky's[6]) Arbeit zeigen sich diese Unterschiede auch in den verschiedenen Thierklassen; er giebt an:

	Kohlensäure	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure
für den Ochsen im Mittel	6,2%	53,9%	4,7%	39,9%
für den Menschen . .	5,7	52,8	4,8	38,7

1) Landwirthschaftliche Versuchsstationen 1872 Bd. 15 S. 404.
2) Centralblatt für die med. Wissenschaften 1871 S. 562 und 1872 S. 99.
3) Hoppe-Seyler, medicinisch-chemische Untersuchungen 1866 Hft. 1 S. 19.
4) Gorup-Besanez, physiologische Chemie 1878 S. 635.
5) a. a. O.
6) a. a. O.

Wir sehen daraus, dass die Verhältnisse auch im normalen Knochen keineswegs constant sind und dass wir im Knochen wie in anderen Organen je nach dem Alter und der Thierart gewisse Unterschiede in der Zusammensetzung erhalten.

Dies berechtigt uns aber nicht, die Knochenerde als rein mechanische Einlagerung zu betrachten, unabhängig und ohne Einfluss auf die organische Grundsubstanz; dazu zeigen jene Unterschiede eine zu grosse Regelmässigkeit. Es ist auch physiologisch schwer denkbar, dass normalerweise eine Substanz sich ablagert, die mit den umliegenden Theilen nicht in Wechselwirkung tritt und an der Thätigkeit des Organes keinen eigentlichen Antheil nimmt.

Dass aber bei aller Variabilität die Aschemenge dennoch mit der Grundsubstanz im Zusammenhange steht, beweisen uns verschiedene Thatsachen. Entziehen wir einer Extremität die Nahrungszufuhr, so atrophirt dieselbe, Muskel wie Knochen, wobei der letztere seine normale Zusammensetzung beibehält, d. h. es ist bei der Atrophie die der organischen Substanz entsprechende Menge Asche gerade wie beim Muskel mit zu Grunde gegangen. Eben so hat ein cariöses Knochenstück[1]) normale Zusammensetzung: es schwindet also in ihm gleichmässig Grundsubstanz und Asche.

Auf der gleichmässigen Betheiligung der Asche und der organischen Substanz an Zersetzung und Aufbau in den Organen, also auch im Knochen, beruht das constante Verhältniss zwischen Phosphorsäure und Stickstoff in den Ausscheidungen, wie es Ernst Bischoff[2]) nachgewiesen hat. Er fand bei Fleisch- und Speckfütterung für einen im Stickstoffgleichgewicht stehenden Hund das Verhältniss von Phosphorsäure zu Stickstoff im Harn wie 1 : 8,2. Dieses Verhältniss wird zu Gunsten der Phosphorsäure beim Hunger auf 1 : 6,4 erhöht. Es muss also im letzteren Falle eine Substanz zu Grunde gehen, die gegenüber dem Stickstoff mehr Phosphorsäure enthält als das Fleisch, was nur beim Gehirn, der Leber und dem Knochen der Fall ist. Da die beiden ersteren Organe ihres geringen absoluten Gewichtes halber durch ihre Betheiligung am Zerfalle dieses Verhält-

1) Bibra a. a. O. S. 295.
2) Zeitschrift für Biologie 1867 Bd. 3 S. 309.

niss nicht so weit verändern können, so müssen wir unbedingt den Knochen mit zu Hilfe nehmen.

Im Skelet treffen auf 1 Theil Stickstoff 4,86 Theile Phosphorsäure. Es würde demnach, wenn wir den Verlust an Stickstoff und Phosphorsäure in E. Bischoff's Hungerversuch (a. a. O. S. 321) ausschliesslich vom Skelet und Muskel herrühren lassen, der Muskel mit 42,10 Stickstoff und 5,51 Phosphorsäure, der Knochen mit 0,30 „ und 1,46 „ sich betheiligen.

Es entspricht das einem Zerfall von 1240 g Muskelsubstanz und von 11 g frischem Knochen.

Dass übrigens das Skelet wirklich, wenn auch, wie sich aus obiger Rechnung ergiebt, nur in geringem Grade am Zerfalle bei der Inanition Antheil nimmt, können wir aus meines Bruders[1]) Hungerversuch an der Katze entnehmen. Derselbe fütterte zwei Katzen von nahezu gleichem Gewicht 8 Tage lang mit gleichem Futter, um die Organgewichte der einen, von da an hungernden Katze mit denen der alsbald getödteten vergleichen zu können. Das Skelet der letzteren normalen Katze enthielt 67,13 % Trockensubstanz und betrug frisch 12,67 % des Körpergewichts. Gleiche Verhältnisse der beiden Katzen angenommen, hätte die Hungerkatze 13 % des frischen Skelets verloren. Würde dieser Verlust allein auf Wasserabgabe beruhen, so hätte das Skelet am Ende der Hungerzeit 78 % Trockensubstanz enthalten müssen, während die Knochen der Hungerkatze von Bidder und Schmidt nur 63,6 % feste Theile lieferten, also sogar noch weniger als die unserer Normalkatze, und würde sich das Skelet gegenüber den anderen Organen, welche beim Hunger sehr wenig Wasser verloren, darin weit unterscheiden. Der auffallend hohe Gehalt an Asche und Kalk in dem beim Hunger entleerten schwarzen Kothe rührt wohl nur zum kleinen Theil von den zerstörten Organen, zum grössten Theil wahrscheinlich von den Knochen her.

Noch deutlicher tritt die Abhängigkeit der Asche von der organischen Substanz im Knochen bei den Hungerversuchen hervor, welche Weiske[2]) an wachsenden 6½ Monate alten Kaninchen ge-

1) Zeitschrift für Biologie 1866 Bd. 2 S. 307.
2) Zeitschrift für Biologie 1874 Bd. 10 S. 442.

macht hat; dieselben gaben, unter der Annahme, dass beim Beginne des Hungers ihre Knochen den gleichen Bruchtheil des Körpergewichts ausmachen wie beim Vergleichsthier, beim Hunger 3 — 12% ihres Skelets, auf trockene und entfettete Substanz bezogen, ab. Dabei behielt der trockene Knochen denselben Aschegehalt, nämlich 67,5%, wie zu Anfang der Inanition d. h. wie das 6½ monatliche normale Thier, obwohl nur 0,9 — 1,0 g Asche oder ein Bruchtheil des beim Hunger erlittenen Verlustes des Skelets dazu gehört hätten, um den Knochen die ihrem Alter am Ende des Hungers (7⅓ Monate) entsprechende Aschemenge von 69% zu geben, ganz abgesehen von dem durch den Zerfall in den übrigen Organen frei gewordenen Kalk. Es widerspricht das entschieden der Annahme, dass beim Wachsthum und mit dem Alter der Gehalt an Knochenerde einfach durch mechanische Einlagerung zunehme, da dann im letzteren Falle eine Vermehrung der Aschemenge wohl hätte eintreten müssen.

Wir können also dem Skelet, gegenüber den anderen Organen, in Bezug auf dessen Aschegehalt keine Ausnahmsstellung zugestehen.

Wenn wir daher dem Organismus Kalk entziehen, d. h. den durch Zerfall frei gewordenen und mit den Excrementen ausgeschiedenen Kalk nicht wieder ersetzen, so werden die Organe und damit auch das Skelet an Kalk verarmen müssen. Denn es ist nach den obigen Darlegungen nicht wahrscheinlich, dass die Knochen den Kalk fester halten als die anderen Organe; wäre dies wirklich der Fall, dann könnten allerdings die Thiere aus Kalkmangel zu Grunde gehen, ohne dass irgend welche Veränderungen an ihren Knochen wahrnehmbar sind. Die Folgen dieser Verarmung werden aber je nach der Betheiligung der einzelnen Organe an der Kalkabgabe verschieden ausfallen. Ausserdem kommt noch in Betracht, bei welchem Minimum des Salzgehalts in den einzelnen Organen Functionsstörungen eintreten. So muss auch der Knochen bis zu einem gewissen Grade an Knochenerde eingebüsst haben, wenn in ihm Krankheitserscheinungen auftreten sollen. Wo aber diese untere Grenze liegt, ist noch nicht festgesetzt.

In Forster's Versuch bei Gesammtaschehunger ist das Thier, ehe noch Erscheinungen von Seite des Skelets eingetreten waren,

an allgemeiner Ascheverarmung der übrigen Organe zu Grunde gegangen. Wie die Verhältnisse in dieser Beziehung sich bei einseitigem Kalkhunger gestalten, ist also fraglich, obgleich die Organe auch bei Forster's[1]) Versuchen Kalk in bedeutender Menge verloren hatten, und zwar der Muskel um 56%, das Blut um 40%, das Skelet[2]) um 2,7% des ursprünglichen Kalkgehaltes.

Bei allen übrigen Versuchen über diesen Gegenstand ist nur das Verhalten des Skelets in Betracht gezogen worden. Seitdem Chossat nach längerer Fütterung mit kalkarmen gereinigten Weizenkörnern bei Tauben Osteoporose beobachtet hat, liegen eine Menge Versuche in ähnlicher Richtung mit den verschiedensten Resultaten vor. Dieselben lassen sich in drei Klassen unterbringen. Nach den einen soll kalkarme Nahrung gar keine Einwirkung auf den Zustand des Thieres ausüben, was gewiss unrichtig ist, da der Körper dabei im Harn und Koth Kalk verliert und dies nach längerer Zeit doch nicht gleichgültig sein kann. Andere behaupten bestimmtest, einen Einfluss des Kalkgehalts des Futters auf die Knochenbildung wahrgenommen zu haben, und lassen bei Kalkmangel Knochenerkrankungen, Rhachitis und Osteoporose auftreten. Wieder Andere sahen bei kalkarmem, aber im Uebrigen zureichenden Futter zwar nachtheilige Folgen und zuletzt den Tod eintreten, jedoch keine Aenderung der Zusammensetzung der Knochen und keine Knochenkrankheit. Vorausgesetzt dass dem Körper dabei alle übrigen Nahrungsstoffe in genügender Quantität zugekommen und die Thiere wirklich durch Kalkmangel zu Grunde gegangen sind, könnte man zur Erklärung des tödlichen Ausganges nur annehmen, dass die Knochen die Kalkerde festhalten, die übrigen Organe aber sie verlieren. Die letzteren würden dann bei einer gewissen Abnahme des Kalks entweder nicht mehr functioniren, oder ihre organischen Bestandtheile auch nicht mehr erhalten und deshalb zerfallen. Im letzteren Falle müsste man eine grosse Vermehrung der Ausscheidungen bekommen, herrührend von den zersetzten Nahrungsstoffen sowohl,

1) Zeitschrift für Biologie 1876 Bd. 12 S. 466.

2) Dabei ist nach Forster ein Verlust der Knochen an Kalk um 19,0 g angenommen, und der trockene und fettfreie Knochen zu 7,2% des Körpergewichts (27 kg) mit 36% Kalk gerechnet.

als auch von dem Untergang der Organtheile. Würde die organische Substanz der Knochen gleichmässig mit dem Kalk einschmelzen und deshalb die Zusammensetzung des Knochens sich nicht ändern, so müsste dies doch zuletzt auch zu einer Knochenerkrankung (Atrophie) führen.

Zu den Forschern, welche durch ihre Untersuchungen zu der dritten Vorstellung geführt worden sind, gehört Alph. Milne Edwards (Compt. rend. 1861 T. 52 p. 1327); er hatte junge Tauben während 3½ Monaten mit kalkarmem Futter gefüttert, zu welcher Zeit sie Diarrhöen bekamen und zu verfallen anfingen; ihre Knochen hatten ein geringeres Gewicht als die normal gefütterten Tauben, jedoch eine ganz normale Zusammensetzung. Vor Allen aber wird diese Anschauung von Weiske[1]) vertheidigt, auf dessen Versuche ich der Wichtigkeit des Gegenstandes halber näher eingehe.

Weiske's Versuche mit kalkarmem Futter zerfallen in zwei Gruppen, in die am ausgewachsenen und in die am wachsenden Thiere. Die am ausgewachsenen Thiere wurden an einer Ziege gemacht, welche mit einem Gemenge von mit Säure ausgezogenem Strohhäcksel, Caseïn, Zucker, Stärke und Kochsalz unter Zusatz von destillirtem Wasser, dem etwas (täglich 12 g) phosphorsaures Natron beigemengt war, gefüttert wurde.

Das Thier zeigte keine charakteristischen Krankheitserscheinungen; es wurde aber von Tag zu Tag magerer, konnte zuletzt nur mühsam aufstehen und sich kaum aufrecht erhalten, und ging am 50. Tage zu Grunde. Die Knochen boten weder in der Gesammtasche, noch in den einzelnen Bestandtheilen eine Abweichung vom Normalen dar. Weiske nimmt daher an, dass, da die Ziege 63,8 g Kalk in 45 Tagen ohne Aenderung der Zusammensetzung der Knochen einbüsste, andere Organe diese Kalkmenge abgaben und deshalb nicht mehr functionirten; es wäre aber auch bei Kalkmangel denkbar, dass die Knochen eine dem Kalk entsprechende Menge Osseïn verloren, so dass die Zusammensetzung derselben sich nicht änderte. Wenn aber Thiere, offenbar unter den Erscheinungen des Gesammthungers, zu Grunde gehen, ohne sonst Anormales zu

1) Zeitschrift für Biologie 1871 Bd. 7 S. 179 u. 333; 1872 Bd. 8 S. 239; 1873 Bd. 9 S. 541; 1874 Bd. 10 S. 410.

zeigen, so ist die nächstliegende Frage, ob die Thiere auch genügend Futter aufgenommen haben. Die Ziege Weiske's verzehrte täglich im Mittel ohngefähr 375 g Stroh, 61 g Caseïn, 61 g Zucker und 255 g Stärke. Rechnen wir mit diesen Zahlen, so bekommen wir für den Tag:

	mit dem Stroh verzehrt	davon resorbirt[1])	im Ganzen resorbirt	1 kg Thier resorbirt (bei 25 kg)
Eiweiss . .	12,4	4,5	65,5	2,6
Fett . . .	5,7	1,9	1,9	0,1
Kohlehydrat	172,0	47,6	358,6	14,3
Rohfaser .	175,3	100,9	100,9	4,0

Stohmann[2]) giebt nun für Milch producirende Ziegen folgende Zahlen für den Tag an:

Gewicht des Thieres in kg	in die Säfte aufgenommen			pro Kilogramm Thier		
	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate
28,8	78,0	19,7	566,3	2,7	0,7	19,7
28,8	60,9	16,7	627,2	2,1	0,6	21,8
21,3	78,4	12,6	390,4	3,7	0,6	18,3
Mittel 26,3	72,4	16,3	527,9	2,8	0,6	19,9

Es sind die Mengen der Nahrungsstoffe bei Stohmann eher zu gering, da zwei der Ziegen dabei noch etwas Eiweiss vom Körper verloren; demzufolge sind die von Weiske gegebenen Mengen, schon unter den obigen Annahmen, wahrscheinlich nicht zureichend, besonders gegen Ende des Versuches, wo, wie aus der grösseren Kothmasse ersichtlich ist (anfangs 121 g trockener Koth täglich, später 142 g), die Ausnützung eine schlechtere geworden war.

Dazu kommt aber noch, dass ich bei Weiske's Versuchen das gegebene Caseïn, den Zucker und die Stärke als vollständig resorbirt angesehen habe, was gewiss nicht der Fall ist. Bei Auf-

1) Nach der Zusammenstellung Wolff's (die Ernährung der landwirthschaftlichen Nutzthiere 1876 S. 233) werden von Wiederkäuern von 100 g Trockensubstanz des Roggenstrohes verdaut: 1,2 Eiweiss, 0,5 Fett, 12,7 Kohlehydrate und 26,9 g Rohfaser.

2) Zeitschrift für Biologie 1870 Bd. 6 S. 213 und Biologische Studien 1873 S. 15 (Ziege 1a. 18.—24. April.)

nahme von reinem Fleisch finden sich z. B. beim Menschen[1]) 2,6% des Stickstoffs im Kothe wieder, bei Aufnahme von Milch sogar 7% desselben, und das kann sich nur steigern bei der gemischten Kost der Pflanzenfresser. Bei Zugabe von Stärke und Gummi sah Stohmann[2]) die Ausnützung des Eiweisses bei der Ziege von 58 auf 32% sinken, die der Rohfaser von 49 auf 11%. Auch konnte er unverdaute Stärke im Kothe nachweisen.

Ich habe ferner angenommen, dass die von Weiske's Ziege verzehrte Menge der Futterstoffe (Strohhäcksel, Stärke, Zucker und Caseïn) auf die reine bei 100° getrocknete Substanz sich beziehe. Weiske hat sich darüber nicht ganz deutlich ausgesprochen. Ist dies aber nicht der Fall, dann reducirt sich die Menge der von dem Thier resorbirten Nahrungsstoffe noch weiter.

In 375 g Strohhäcksel hat Weiske's Ziege 365,4 g trockene organische Substanz erhalten; da von Wiederkäuern von 100 g Roggenstroh nur etwa 42,7 g organische Substanz verdaut werden, so hätte die Ziege vom Stroh allein 209,4 g trockenen Koth bilden müssen, während im Mittel nur 131,4 g Koth bestimmt wurden.

Es ist mir daher in hohem Grade wahrscheinlich, dass die Ziegen Weiske's zu Grunde gegangen sind, weil sie von irgend einem Nahrungsstoff zu wenig erhalten haben und deshalb der Körper fortwährend an Eiweiss oder an Fett verlor; Thiere verenden bei vollem Magen und Darm, wenn ein oder der andere Nahrungsstoff in unzureichender Menge gegeben wird.

Mit einer ungenügenden Nahrungszufuhr stimmt auch das Abmagern des Thieres und das plötzliche Abfallen der Milchproduction, die nach Stohmann's[3]) Untersuchungen vorzüglich von dem Eiweissgehalte der Nahrung abhängig ist und plötzlich sinkt, wenn eine Verminderung in der Eiweisszufuhr eintritt. Bei einer seiner Ziegen fällt z. B. die Milchmenge von 1057 ccm auf 643, als statt 93 nur mehr 74 Eiweiss täglich resorbirt wurden. Bei einer 22 kg schweren Ziege sank innerhalb kurzer Zeit die Milchmenge von 700 auf 300, obwohl das Thier täglich noch 78 g Eiweiss resorbirte.

1) Rubner, Zeitschrift für Biologie 1879 Bd. 15 S. 194.
2) Biologische Studien 1870 S. 55 u. 56.
3) Ebend. 1873 S. 76, 77, 78, 79.

Weiske's Ziege giebt in 49 Tagen 148g Phosphorsäure und 88g Kalk ab, nimmt dagegen 172g Phosphorsäure und 27g Kalk auf. Wir bekämen also für den Körper eine Ansammlung von 24g Phosphorsäure (offenbar von dem dem Futter beigegebenen phosphorsauren Natron herrührend), dagegen eine Abgabe von 61g Kalk. Diese Phosphorsäureanhäufung im Körper wird noch bedeutender, wenn wir die 61g Kalk vom Knochen herkommend uns denken, bei gleichzeitigem Zerfalle der organischen Substanz des Knochens; dieser Kalkmenge entsprechen 46g Phosphorsäure, die also auch nicht in den Ausscheidungen sich finden, ebenso nicht die bei der Abmagerung und dem Zerfall von Organsubstanz frei gewordene Phosphorsäure.

Die 61g Kalk machen etwa 340g frischen Knochen aus, d. h. etwas über 10% des Skelets; ein solcher Knochenverlust kann von dem allgemeinen Hunger des Thieres herrühren, ohne dass man einen einseitigen Kalkhunger anzunehmen braucht, was dann das Gleichbleiben der Zusammensetzung des Knochens und das Nichteintreten von Knochenerkrankungen einfach erklärt.

Ueberdies hat die Ziege Weiske's eine nicht unbedeutende Menge von Kalk (26,6g in 49 Tagen) erhalten und könnte möglicherweise mit derselben bei sonstigem genügenden Futter ausreichen; auf 1 N trafen dabei 0,05 Kalk, während im Fleisch, mit welchem ein ausgewachsener Fleischfresser sich in gewissen Fällen auf die Dauer erhält, auf 1 N nur 0,007 Kalk kommen.

Forster ist durch seine Versuche und Berechnungen zu dem Schlusse gelangt, dass bei Aschehunger sämmtliche Körperbestandtheile, also auch die Knochen, eine Verarmung an Mineralsubstanz erleiden und dass diese Veränderung der letzteren innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler liege und deshalb nicht nachweisbar sei. Er hatte nämlich aus der Stickstoff- und Phosphorsäureabgabe seines Hundes berechnet, dass das Thier an Phosphorsäure verarmt und daran sich die Knochen wesentlich betheiligen müssen. Weiske dagegen meinte, dass, wenn man die N-Abgabe bei Forster's Versuch nicht nur auf den Muskel, sondern auch zum Theil auf umgesetzte organische Knochensubstanz beziehe, es nicht mehr nöthig sei, eine Verarmung der Knochen an Asche anzunehmen.

Schon Forster[1]) hat dagegen geltend gemacht, dass jener Stickstoffverlust zum grössten Theil von den letzten Versuchstagen herrührt, während die Phosphorsäure- und Kalkausscheidung sich die ganze Zeit über nicht nur gleich blieb, sondern sogar allmählich sank, und gerade da am kleinsten war, wo die Stickstoffabgabe begann. Dagegen finden wir in den ersten 7 Tagen einen Ansatz von 2,14 Stickstoff und dem gegenüber eine Mehrausscheidung von 9,37 Phosphorsäure und 4,73 Kalk. Und damit muss wohl Weiske's Einwand fallen. Uebrigens hat auch Ernst Bischoff, wie ich vorher schon erwähnt habe, bei seinem Hunde während der 6 Hungertage, wo also der Zerfall von Organeiweiss gewiss beträchtlicher war als bei Forster, gegenüber einer N-Abgabe von 42,4 g nur eine solche von 6,8 g Phosphorsäure erhalten, während bei letzterem auf einen Verlust von 50,7 g Stickstoff 32,8 g Phosphorsäure kommen, also viel mehr.

Ganz ähnlich gestalteten sich die Verhältnisse bei einer Ziege, welcher Weiske ein phosphorsäurearmes Futter vorsetzte. Auch sie ist wahrscheinlich an Inanition und nicht an Phosphorsäurearmuth zu Grunde gegangen; das Plus an Phosphorsäure in der Ausfuhr gegenüber der Einfuhr (von 10,1 g) rührt dann nicht von dem Phosphorsäurehunger, sondern zum grossen Theil von dem Zerfall der Organsubstanz beim allgemeinen Hunger her. Die vielleicht 25 kg schwere Ziege besitzt ohngefähr 10 kg Muskeln, von denen allein bis zum Verhungern bei der Katze nach C. Voit 31%, nach Bidder und Schmidt 65% verschwinden; 31% der Muskeln der Ziege repräsentiren schon 15 g Phosphorsäure, also mehr als Weiske's Ziege verlor.

In der zweiten Reihe von Weiske's[2]) Versuchen an jungen Thieren tritt die Ursache des Todes derselben noch viel mehr in die Augen. Weiske verwendete dazu ungefähr 2½ Monat alte Lämmer, von denen zwei das gleiche Futtergemische wie die Ziegen erhielten, Lamm I noch mit Kalkzusatz, Lamm II mit Phosphorsäurezusatz, während das dritte normale Nahrung bekam. Während

1) a. a. O. S. 471.

2) Zeitschrift für Biologie 1873 Bd. 9 S. 541 und 1874 Bd. 10 S. 410.

der 55 Versuchstage nahmen die zwei anormal gefütterten Thiere allmählich an Gewicht ab, nämlich in Kilo:

	I. phosphorsäurearm	II. kalkarm	III. normal
1. Tag	23	23,5	21,7
55. Tag	16	17,0	28,5
Abnahme	— 7	— 6,5	+ 6,5

Wir erhalten demnach eine Abnahme des Körpergewichts von ungefähr 30%, was bei noch wachsenden, an Muskeln und Fettgewebe armen Thieren ziemlich entsprechend dem Verluste beim Verhungern sein wird. Die Verluste der einzelnen Organe der Lämmer können wir annähernd entnehmen, wenn wir mit Hilfe der procentischen Zusammensetzung des Normalthieres die Organgewichte der beiden ersten Thiere[1]) zu Anfang des Versuches berechnen und mit den schliesslich gefundenen Organgewichten vergleichen.

Verlust der Organe in Procenten.

	Lamm I mit Kalk	Lamm II mit Phosphorsäure	bei Gesammthunger[2])
Muskeln	27	27	31
Skelet .	—	5	14
Leber .	36	39	54
Herz .	13	8	3

Die Uebereinstimmung der Reihen ist ziemlich gut, namentlich wenn man bedenkt, dass die Lämmer noch im Wachsen begriffen waren und das Vergleichsthier eine ausgewachsene Katze war. Uebrigens zeigt gerade dasjenige Organ, welches der Nahrung nach der Ausbildung am wenigsten befähigt gewesen wäre, nämlich das Skelet, die geringste Abnahme an Masse. Wir können also doch wohl nicht annehmen, dass die Abnahme der übrigen Organe durch die Abgabe von Kalk vom Skelet bedingt ist. Uebrigens beweisen die gegebenen Futtermengen auch hier wieder die Inanition. Machen wir bei der Berechnung die günstigste Annahme, indem wir Stärkemehl, Zucker und Caseïn vollkommen in die Säfte über-

1) Die Muskelmasse habe ich mit Hilfe des Skeletgewichts aus dem sog. Schlachtgewicht ermittelt (Zeitschr. f. Biologie 1873 Bd. 9 S. 543).

2) C. Voit, Eiweisszersetzung bei Hunger (Zeitschr. f. Biol. 1866 Bd. 2 S. 355).

treten lassen und nur von dem Stroh nach der früheren Annahme einen Theil mit dem Koth abgehen lassen, so erhalten wir:

im Tag	verzehrt	resorbirt	pro Kilo resorbirt
Eiweiss . .	24,1	20,8	0,9
Fett . . .	2,3	0,8	0,04
Kohlehydrate	166,6	137,4	5,9
Rohfaser . .	72,0	19,6	0,8

Soxhlet[1]) berechnet für ein 4 Wochen altes Saugkalb einen Bedarf von 4,9 g Eiweiss, 4,8 g Fett und 8,4 g Zucker pro Kilo Thier für den Tag. Entsprechend verzehrten in Versuchen von J. Lehmann[2]) 2 Monat alte Schweine 7 g Eiweiss und 20 g Kohlehydrate pro Kilo. Weiske dagegen reicht auf 1 kg Lamm im günstigsten Falle nur 1 g Eiweiss und 10 g Kohlehydrate (wovon 7 g verdaulich), also weniger als 1 kg des ausgewachsenen Thieres erhält, das doch weniger nöthig hat als das noch wachsende. Ein Kilo Hammel braucht nämlich nach Henneberg als Beharrungsfutter an verdaulicher Substanz 1,4 g Eiweiss und 12 g Kohlehydrate. Es ist daher der Grund der Abnahme von Weiske's Lämmern vollkommen klar.

Bei seinen Kaninchenversuchen, bei denen es Weiske darauf ankam, den Einfluss kalkfreien Futters auf die Quantität der Knochensubstanz kennen zu lernen, finden wir ganz gleiche Verhältnisse. Stets sind die (5 Monat alten) Thiere ungefähr zur nämlichen Zeit zu Grunde gegangen und mit ganz ähnlichen Verlusten an Körpersubstanz wie Hungernde, und darin machen die Knochen keine Ausnahme. Wir haben im hiesigen physiologischen Institute vielfach die Erfahrung gemacht, dass Kaninchen ein Futter, das sie nicht lieben, nicht in genügender Menge verzehren und schliesslich zu Grunde gehen; Weiske hat aber nicht bestimmt, wie viel die Kaninchen von der ihnen vorgesetzten, mit verdünnter Salzsäure erschöpften Gerste verzehrten. Die Thiere sind auch hier wahrscheinlich nicht an Kalkarmuth zu Grunde gegangen, sondern an allgemeiner Inanition.

1) Erster Bericht über Arbeiten der k. k. landwirthschaftl. Versuchsstation, Wien 1870—1877, S. 10.

2) Zeitschrift des landwirthschaftl. Vereins in Bayern 1873 1. Abhdlg. S. 8.

In Forster's Versuchen sehen wir die Thiere bald den Geschmack an aschearmem Futter verlieren. Bei der ersten Taube hörte schon nach 11 Tagen das regelmässige freiwillige Fressen auf, und damit beginnt auch das Sinken des Gewichts, während man wieder einen Ansatz bemerkt, sobald zu zwangsweiser Fütterung geschritten wird. Ebenso nahm der erste Hund nur 8 Tage lang freiwillig die genügende Futtermenge zu sich.

Aus all dem scheint mir hervorzugehen, dass die Thiere Weiske's insgesammt zu wenig Futter verzehrt oder resorbirt haben, und unter den gleichen Erscheinungen, nur vielleicht mit einem etwas geringeren Verluste am Skelet, zu Grunde gegangen wären, wenn sie bei der nämlichen geringen Futtermenge noch genügend Kalk und Phosphorsäure dazu gehabt hätten. Es war daher die Zeit nicht gegeben, um durch Entziehung von Kalk aus den Knochen Erkrankungen der letzteren hervorzurufen.

Im Gegensatze zu Weiske sucht namentlich F. Roloff[1]) schon seit lange die Ursache der Knochenkrankheiten, Rhachitis und Osteoporose, in zu geringer Kalk- und Phosphorsäurezufuhr. Er hat auch diese Ansicht experimentell bestätigt durch Fütterung junger Hunde mit kalkarmer Nahrung (Fleisch, Stärke, Zucker und Oel), wodurch er dieselben in 2—3 Monaten rhachitisch machte. Die gleichen Resultate erhielt er an jungen Schweinen. Wir finden in diesen Versuchen, ganz analog den Forster'schen, trotz des geringen Kalkgehalts des Futters das Wachsthum unbeeinträchtigt, denn das Körpergewicht der Thiere nahm entsprechend den gegebenen Futtermengen bedeutend zu. Was Roloff mit seinen Versuchen erzielen wollte, beweisen sie gewiss, sobald man nur die für die normale Skeletentwicklung nöthige Kalkmenge mit der verfütterten vergleicht. Es kann nicht zweifelhaft sein, dass seine Versuchsthiere wirklich kalkarmes Futter gehabt und Rhachitis die Folge davon gewesen ist, zumal die Controlthiere, welche das nämliche Futter in gleicher Menge, nur mit Zusatz von Kalk erhielten, vollkommen normales Verhalten zeigten. Somit ist auch der Vorwurf in Weiske's[2])

1) Virchow's Archiv 1866 Bd. 37; Archiv für wiss. u. prakt. Thierheilkunde 1875 Bd. 1 S. 189 und Bd. 5 S. 152.

2) Archiv für wiss. u. prakt. Thierheilkunde 1875 Bd. 1 S. 457.

Entgegnung, dass die Schlüsse Roloff's nur auf einer Annahme, aber nicht auf einem Beweise beruhen, gewiss nicht gerechtfertigt.

Zur Beseitigung der vielfachen Unklarheiten und Widersprüche in dieser Richtung habe ich es schon vor längerer Zeit unternommen, Versuche mit Berücksichtigung aller Cautelen vorzunehmen und wo möglich die Sache zur bestimmten Entscheidung zu bringen.

Um die Bedeutung eines Aschebestandtheils für den Körper kennen zu lernen, ist wohl der nächste Weg der, denselben aus der Nahrung möglichst auszuschliessen und die Folgen davon zu beobachten. Auch ich habe diesen Weg eingeschlagen, um der Bedeutung des Kalks für den Organismus näher zu treten. Dabei muss man sein Augenmerk aber vor allem darauf richten, die Thiere im Uebrigen ganz normal zu erhalten d. h. ihnen eine sonst hinreichende Nahrung beizubringen.

Die Controle darüber liegt entweder in der genauen Feststellung der Ein- und Ausfuhr oder in der Aufstellung eines Parallelthieres, das bis auf den Kalk ganz die nämliche Nahrung in gleicher Quantität und Qualität erhält und sich in Rasse, Gestalt und Gewicht möglichst wenig von dem andern Thiere unterscheidet. Es fehlten bisher systematisch angestellte Versuche in den angegebenen Richtungen, namentlich mit Bestimmung des mit dem Futter aufgenommenen und in den Excrementen ausgeschiedenen Kalks.

In solcher Weise habe ich meine Versuche angestellt. Da von vorn herein wahrscheinlich ist, dass der Kalk im wachsenden Thiere eine ungleich bedeutendere Rolle spielt als beim erwachsenen, indem bei ersterem derselbe sich in den Organen in grösserer Menge abzulagern hat, während er beim erwachsenen schon in genügender Menge darin vorhanden ist, so schien es mir nothwendig, die Versuche sowohl am erwachsenen als auch am wachsenden Thiere anzustellen.

I. Versuche am wachsenden Thiere.

Als Versuchsobjecte dienten junge Tauben, vorzüglich aber junge Hunde.

1. Versuch.

Die Versuche an Tauben wurden schon im Sommer 1874 durch Dr. Franz Tuczek ausgeführt. Es war die Absicht, zu sehen,

ob sich nach einiger Zeit bei kalkarmem und kalkreichem Futter eine Verschiedenheit in der Entwicklung des Skelets herausstellt. Tuczek verwendete dazu 3 Wochen alte Thiere derselben Brut (*a*, *b* und *c*). Taube *a* wurde gleich getödtet, *b* und *c* erhielten in destillirtem Wasser abgeschwemmten Weizen, *c* ausserdem destillirtes Wasser, *b* kalkreiches Brunnenwasser mit Mörtelstückchen darin. Um ihnen gleiche Nahrungsmengen zukommen zu lassen, wurden sie von Anfang an geschoppt.

Beide Tauben (*b* und *c*) nahmen dabei an Gewicht zu und zeigten sich anfangs in ihrem Benehmen ganz normal. Am 13. Versuchstage ging Taube *b*, d. h. die mit Kalk gefütterte, aus unbekannter Ursache zu Grunde. Taube *c* wurde noch weitere 21 Tage gefüttert und am 34. Versuchstage durch Ersticken getödtet. Erst in den letzten Tagen waren einige Veränderungen in ihrem Verhalten bemerkt worden. Das den Tauben sonst eigenthümliche, muntere Benehmen hatte sich verloren; das Thier sass stumpfsinnig, den Kopf unter den Federn eingezogen, da, der Kropf blieb lange Zeit nach dem Füttern gefüllt, zum Zeichen einer schlechten Verdauungsthätigkeit. Auch hier ergab die Section kein bestimmtes Resultat. Der Kropf war gefüllt, der Magen leer, Fettgewebe und Muskeln gut entwickelt. Die Knochen zeigten sich ziemlich ausgebildet, nur schienen sie etwas weniger widerstandsfähig als normal zu sein. Die Beobachtungen an den Knochen sollen nachher noch näher mitgetheilt werden. —

Die Hauptversuche habe ich an grösseren Versuchsobjecten, an jungen Hunden, angestellt.

Die Wahl des Futters war mir dadurch leicht gemacht, dass Forster bei Fütterung mit den Fleischrückständen nach der Fleischextraktbereitung Kalkabgabe vom Körper constatiren konnte. Da aber die Fleischrückstände im Kalkgehalte sich nur wenig von der entsprechenden Menge frischen Fleisches unterscheiden, so war das letztere für mein Versuchsthier wohl das beste Futter, da es mit Ausnahme des Kalks die für den Körper nothwendigen Aschebestandtheile in hinreichender Menge und richtiger Mischung enthält und von den meisten Hunden sehr gerne aufgenommen wird.

Dasselbe wurde, von Fett und allen anhaftenden Beimengungen sorgfältig befreit, gemischt mit Speck im Verhältniss von 4 zu 1, unter Zusatz von destillirtem Wasser gegeben.

2. Versuch.

Ich verwendete dazu ein 4 Wochen altes Hündchen kleiner Rasse, welches ich zuvor einige Tage mit Milch ernährt hatte. Dasselbe nahm, des Anfangs wenigstens, das fein zerschnittene Fleisch- und Speckgemenge sehr gerne, und konnte ich schon nach kurzer Zeit die Tagesportion verdoppeln. Am 11. Versuchstage minderte sich etwas seine Fresslust und stellten sich dünne Entleerungen ein, die sich von Zeit zu Zeit bis zum 20. Versuchstage wiederholten. Von da ab wurde aber bis zu Ende des Versuches ein völlig normaler schwarzer, ziemlich fester Fleischkoth entleert. Dem entsprechend hatte auch die Fresslust wieder zugenommen, und hielt sich die täglich aufgenommene Nahrungsmenge ziemlich gleich. Damit übereinstimmend war die Gewichts- und Grössezunahme des Thieres.

Am 83. und 85. Versuchstage wurde das Futter theilweise erbrochen, weil ich zu viel gegeben hatte. Das Thier frass es jedoch alsbald wieder auf; später wiederholte sich dies nicht mehr, als ich mit der Nahrungsmenge etwas herunterging.

Bis zu dieser Zeit hatte das Benehmen des Thieres durchaus nichts Anormales gezeigt. Es lief mir früher, wenn ich es aus dem Käfig nahm, auf Schritt und Tritt nach und konnte auch bei dem schnellsten Tempo Schritt halten. Das änderte sich nun. Es lief langsamer, ermüdete bald und setzte sich, sobald ich nur einigermassen schneller mich bewegte, winselnd zu Boden, ohne mir zu folgen. Auch in seinem Aussehen war einige Aenderung eingetreten. Die Gelenke an den Extremitäten zeigten eine leichte Anschwellung und die Extremitäten selbst eine geringe Krümmung nach Aussen. Die Zähne, auch die Schneidezähne, hatten sich schlecht entwickelt und blieben klein. Diese Symptome, welche allmählich entstanden waren, traten immer mehr hervor. Die Krümmung der Beine, besonders der vorderen Extremitäten, und die Schwellung der Gelenke nahm zu. Die Wirbelsäule krümmte sich leicht, der Schultergürtel

war etwas eingesunken, wodurch der Hund das Aussehen eines Dachshundes bekam, zumal er nun nicht mehr mit der Spitze, sondern der ganzen Pfote auftrat. Die Brust war breit, das Becken schmal geworden. Ebenso steigerte sich die Müdigkeit und Schwäche in den Extremitäten, so dass das jämmerlich verbildete Thier am 153. Versuchstage nicht mehr laufen und den Käfig nicht mehr ohne Hilfe verlassen konnte. Die Hinterfüsse schienen besonders schwach, und zeigte das häufige Winseln, dass es auch in der Ruhelage Schmerz empfinden müsse. Da sich nun an den hinteren Extremitäten Decubitus einstellte, so tödtete ich das Thier am 162. Versuchstage durch Blausäure.

Der Hund zeigte sich bei der Section sehr fettreich, besonders am Rücken; die Muskeln waren ziemlich gut entwickelt, sehr mit Fett durchzogen, aber ohne fettige Entartung. Sämmtliche Organe erschienen normal, bis auf die Knochen, welche alle Merkmale hochgradiger rhachitischer Erkrankung an sich trugen. Am Schädel waren die Nähte sehr zackig, die Gefässfurchen stark ausgeprägt; die Knochen papierdünn, an manchen Stellen durchscheinend. Oberkiefer porös, Zähne locker in den Alveolen. Gelenkköpfe des Unterkiefers rauh und mürbe. Die Halswirbel gut entwickelt, dagegen die Lendenwirbel sehr mürbe. Der Beckenknochen ist dünn und zeigt zu beiden Seiten am Uebergange in die Beckenschaufeln eine Knickung. Die Einschnitte und Gruben an den Knochen alle tief. Sehr mürbe sind die Rippen und das Sternum. Die Rippen, mit charakteristischen Anschwellungen an den Knorpelansätzen, sind schmal, insbesonders gegen die Wirbel zu weich und porös; einige sind geknickt. Die Schulterblätter haben beiderseits der ganzen Breite nach eine Knickung, ihre Knochen sind sehr dünn und porös. Die Extremitätenknochen sind durchwegs fest, die Gelenkköpfe aufgetrieben. Die Knochen derselben schlanker gebaut und sämmtlich etwas gekrümmt, besonders der Radius und die Ulna. Knochen beim Durchschneiden sehr hyperämisch. Es ist schon dadurch unzweifelhaft, dass alle Symptome einer rhachitischen Erkrankung vorliegen.

Da es mir nun vor allem darauf ankam, darüber klar zu werden, in wie weit kalkarme Nahrung das Wachsthum der Knochen

zu beeinträchtigen im Stande ist, so habe ich noch einen zweiten, umfassenderen Versuch an einem jungen Hunde angestellt.

Ich musste zu diesem Zwecke die Grössen- und Gewichtsverhältnisse der Organe zu Anfang des Versuches kennen, sowie die Art des Wachsthums bei gleicher Futtermenge, mit und ohne Beigabe von Kalk. Dies konnte ich nur durch eine Versuchsanordnung erreichen ähnlich der bei dem Taubenversuche.

Es war von vorn herein einzusehen, dass die Erscheinungen des Kalkmangels um so rascher eintreten würden, je energischer das Wachsthum des Skelets stattfinden soll; ich wählte daher dies Mal junge Hunde einer grossen Rasse (Dogge).

3. Versuch.

Um möglichst gleiche Verhältnisse zu bekommen, unterzog ich drei erst 10 Tage alte Hunde, welche ich aus 7 des nämlichen Wurfes als die kräftigsten und im Gewicht gleichmässigsten herausgesucht hatte, einer Vorfütterung. Dieselben erhielten zuerst 20 Tage lang die gleiche Menge Milch, dann während 5 Tagen Fleisch und Speck, wieder in der Mischung von 4 zu 1. Nun erst, nachdem ich durch die gleichartige Nahrung eine möglichst analoge Zusammensetzung der Organe erzielt hatte, worüber mir auch die ganz regelmässige Gewichtszunahme der drei Hunde Aufschluss gab, begann ich mit dem eigentlichen Versuche.

Hund *A* wurde gleich getödtet, die Hunde *B* und *C* aber mit der nämlichen Fleisch- und Speckmischung noch weiter gefüttert, *C* daneben mit destillirtem Wasser, *B* mit Brunnenwasser und Knochenasche.

Die beiden Thiere frassen ihr Futter die erste Zeit mit gleichem Eifer. Am 8. Versuchstage liess Hund *C* zum ersten Male etwas davon übrig, so dass auch *B* die entsprechende Menge entzogen werden musste. Hund *C* frass von da an das Futter langsam und mit immer geringerem Appetit, so dass ich am 22. Versuchstage bis auf die Hälfte der früheren Portion herabging. Die Lust zu fressen hatte er zu dieser Zeit vollständig verloren, selbst als ich etwas Kochsalz zum Futter gab und ihm dasselbe fein verwiegt darbot. So war ich gezwungen, ihm das Fressen bis zum Ende

des Versuches zwangsweise beizubringen. Es braucht kaum gesagt zu werden, dass Hund *B*, der stets die gleiche Menge Fleisch und Speck wie *C* bekam, seinen Appetit bis zu Ende behielt und die, zuletzt wenigstens etwas klein bemessene Ration mit Heisshunger verschlang. Dem entsprechend war auch das übrige Verhalten der beiden Thiere: Hund *B* zeigte bis zu Ende normales Wachsthum und Verhalten; Hund *C* dagegen verlor schon gegen den 10. Versuchstag seine Munterkeit, er war nicht mehr aufgelegt zu spielen und liess sich die Unarten seines Kameraden gutwillig gefallen. Er schien niedriger gestellt, seine vorderen Extremitäten nach Aussen gebogen und der Schultergürtel eingesunken. Der Brustumfang war breit, das Becken schmal, was ihm ein schwerfälliges Aussehen gab, zumal er nun wie der erste Versuchshund ebenfalls mit der ganzen Pfote auftrat. Wie beim ersten Versuche prägten sich diese Symptome immer mehr und mehr aus. Die Krümmung der Beine, auch der hinteren, verschlimmerte sich. Mit dem 22. Versuchstage trat Empfindlichkeit in der rechten hinteren Extremität ein, die nun zum Gehen nicht mehr in Verwendung kam; bald darauf auch in der linken, so dass die beiden Hinterfüsse beim Gehen nachgeschleift wurden. Die Schwellungen an den Fussgelenken und Rippenknorpeln waren deutlich zu fühlen. Ueberhaupt wiederholte sich hier das nämliche Bild wie beim ersten Versuche, nur waren die Erscheinungen noch hochgradiger. Als nun auch Diarrhöen mit blutiger Beimischung eintraten, machte ich, um eine Abmagerung zu verhindern, dem Versuche am 29. Tage durch Verbluten beider Thiere ein Ende.

Hund *B* mit Kalkzusatz: Alle Organe normal, Muskeln und Fettpolster trotz der letzten Hungertage noch ziemlich gut entwickelt; die Knochen gegenüber Hund *A* sehr gewachsen, die Verknöcherungen weiter ausgebreitet und die Knochenkerne in der Epiphyse vollständig verwachsen.

Hund *C* mit kalkarmem Futter: Muskeln und Fettpolster ordentlich entwickelt. Magen vollständig leer, Schleimhaut normal. Darm stark mit Luft gefüllt, der obere Theil des Dünndarms durch Galle braungelb gefärbt, mit Schleim belegt; im unteren Theil des Dickdarms geringe Mengen normalen Fleischkothes.

Schleimhaut des Darmes normal. Die übrigen Eingeweide nicht verändert, Mesenterialdrüsen vielleicht etwas vergrössert. Am Herzen der eine Zipfel der Tricuspidalklappe nur im Rudiment vorhanden und daran eine erbsengrosse Cyste mit braungelbem Inhalt aufsitzend.

Die Knochen zeigen die nämlichen Längedimensionen wie bei Hund *B*, aber sie sind im Ganzen mürber und stärker injicirt, besonders die Rumpfknochen; das Becken ist viel weniger verknöchert und in seinen Durchmessern kleiner. Die Rippen zeigen theilweise Fracturen und überall Anschwellungen der Knorpelansätze. Die Schulterblätter sind sehr dünn, das linke mit starken Fissuren. Die Extremitätenknochen eher länger als die normalen von *B*, an den Gelenkenden stark aufgetrieben, die Epiphysenkerne noch theilweise getrennt und alle nach Aussen gekrümmt. Rechter Oberschenkelknochen der hinteren Extremität überdies gebrochen, aber wahrscheinlich erst beim Aufbinden des Hundes, sehr stark injicirt und an den Bruchstellen dunkelroth gefärbt.

Zur weiteren Bestätigung der rhachitischen Erkrankung verglich ich die feineren Structurverhältnisse der Epiphysen der beiden Hunde. Die Untersuchung führte ich im hiesigen pathologischen Institute aus, wobei mir Herr Prof. v. Buhl mit Rath und That zur Hand ging.

Schon beim Durchschneiden der Epiphysen liessen die kranken Knochen eine grössere Weichheit erkennen. Makroskopisch zeigte sich der weisse Rand des Epiphysenknorpels breiter und unregelmässig begrenzt, die im normalen Knochen nur als kleiner bläulicher Saum bemerkbare Wucherungsschicht war hier mehr als doppelt so breit und von dem festen Gewebe durch eine weiche, dem Finger nachgebende Masse getrennt, welche ganz unregelmässig in den eigentlichen festen Knochen überging, während beim normalen Thiere dieser Uebergang plötzlich und ziemlich gleichmässig erfolgte. Der Unterschied zwischen dem normalen und kranken Knochen beruht hauptsächlich auf der grossen Unregelmässigkeit in der Anordnung der Zellen sowohl wie der Schichten überhaupt und auf der breiten Knorpelwucherungsschicht in letzterem. Beim normalen Knochen zeigt die Epiphyse an ihrem oberen Ende eine Schicht regelmässig angeordneter Knorpelzellen; darauf folgt eine Partie reihenweise geordneter Zellen, alle von der nämlichen Form,

plattenartig auf einander geschichtet, welche wieder in eine sehr schmale Zone von rundlichen grösseren Zellen mit hellen Kernen übergeht. An diese reiht sich die Verkalkungsschicht an. Hier wird die Intercellularsubstanz mächtiger, und sieht man in einiger Entfernung Knochenspangen auftreten, welche Markräume einschliessen. Im kranken Knochen sind zwar alle diese Schichten ebenfalls zu finden, dieselben scheiden sich aber lange nicht so scharf von einander. Die anfangs in Längsreihen geordneten Zellen zeigen bald eine höchst unregelmässige Anordnung: zum Theil sind sie wie normal platt gedrückt, reihenweise geordnet, zum Theil bunt durch einander liegend, von den verschiedensten Formen; dem entsprechend verhalten sich auch die Kerne. Der Uebergang in die grosszellige Schicht geschieht hier allmählich und nicht plötzlich wie beim normalen Knochen. Den Unterschied in der Breite der Zone habe ich schon erwähnt. Ebenso unregelmässig ist der Uebergang in die verkalkte Knorpelschicht, die Markräume beginnen schon viel früher und sind keineswegs überall mit Knochenspangen umgeben.

Es kann nach diesem Befunde keinem Zweifel unterliegen, dass der Hund *C* die Veränderungen an den Knochen zeigt, welche für die Rhachitis charakteristisch sind. Die Rhachitis ist bekanntlich ein pathologischer Process im wachsenden Skelet, an den Theilen, welche das Knochenwachsthum zu Stande bringen, nämlich am Periost und Epiphysenknorpel. Es ist ein entzündlicher Zustand, und zwar vorzüglich an den thätigen Knochen, bei denen die Muskelbewegungen secundäre Verbiegungen und Brüche hervorbringen. Dabei findet eine Ueberproduction von Zellen an den genannten Theilen statt, während welcher die Verknöcherung aussetzt — ein Vorgang, wie er auch bei der gewöhnlichen Osteophytbildung stattfindet. Osteomalacie und Osteoporose (Atrophie) sind von der Rhachitis ganz verschiedene Processe.

Ich gehe nun zur Betrachtung des übrigen Verhaltens der kalkarm gefütterten jungen Thiere über.

In den 3 Versuchen haben die Thiere, entsprechend der Nahrungsaufnahme, trotz des unzureichenden Kalkgehaltes derselben sich nicht nur auf ihrem Körperbestande erhalten, sondern sogar

an Gewicht zugenommen, was um so deutlicher hervortritt, wenn wir die Gewichtszunahme mit der Futtermenge zusammenstellen.

Versuch I mit Tauben.

	Körpergewicht			verzehrter Weizen
	Taube *a*	Taube *b* mit Kalk	Taube *c* ohne Kalk	
1. Tag	166,5	156,7	171,7	—
14. „	—	227,9	—	343,0 (*b*)
35. „	—	—	286,7	848,5 (*c*)

Ich habe obige Zahlen für den Futterconsum dadurch bekommen, dass ich von der aufgenommenen Nahrungsmenge den lufttrockenen Kropfinhalt des todten Thieres abzog. Ich bekomme also für die 14 Versuchstage für Taube *b* im Mittel eine tägliche Gewichtszunahme von 5,1 g bei Aufnahme von 23,1 g lufttrockenem Weizen; bei Taube *c* in den 35 Versuchstagen eine tägliche Gewichtszunahme von 3,3 g bei Aufnahme von 24,3 g Weizen.

Da das Wachsthum der Thiere in späterer Zeit kleiner ist als anfangs, so liegt in der etwas geringeren Zunahme des Gewichts der Taube *c* nichts Auffallendes, zumal dieselbe von Anfang an etwas schwerer war, also überhaupt nicht so viel ansetzen konnte wie Taube *b*. Der verwendete lufttrockene Weizen enthielt 0,0427 % Kalk[1]); es wurden mithin im Ganzen in 35 Tagen bei Taube *c* nur 0,362 g Kalk verfüttert, während in den Excrementen derselben sich 0,350 g Kalk wiederfanden; es standen daher dem Körper der Taube c zu ihrem Wachsthum nur 0,013 g Kalk zur Verfügung; gewiss eine verschwindend kleine Menge, wenn man den Gesammtzuwachs der Taube von 115,6 g ins Auge fasst, der beinahe das Doppelte des ursprünglichen Gewichts beträgt. Trotz der beträchtlichen Körpergewichtsvermehrung nahm, wie später gezeigt werden wird, der Kalkgehalt des Skelets und des ganzen Körpers nicht zu.

Noch schlagender für die Gewichtszunahme bei kalkarmem Futter ist der dritte Versuch, bei welchem wir in dem mit gleichen

1) 266,48 lufttrockener Weizen = 233,00 trocken = 87,44 % feste Theile.

a) 5,4896 tr. = 0,0048 CO_3Ca = 0,0027 CaO = 0,049 %

b) 5,1075 tr. = 0,0045 CO_3Ca = 0,0025 CaO = 0,049 %

Mengen von Fleisch und Fett gefütterten Hund *B* ein Controlthier besitzen. Ich theile den Versuch in Perioden von 7 Tagen, um die Gleichmässigkeit zwischen Futtermenge und Gewichtszunahme besser darthun zu können.

Dauer der Periode	Gewicht der Hunde zu Ende der Periode			Nahrungsmenge während der Periode		Aenderung des Körpergewichts für den Tag		Nahrungsmenge für den Tag	
	A	*B* mit Kalk	*C* ohne Kalk	Fleisch	Fett	*B*	*C*	Fleisch	Fett
1. Tag	3025	3235	3275	—	—	—	—	—	—
1.— 7. „	—	3962	3942	2000	500	+ 104	+ 95	286	71
8.—14. „	—	4710	4800	2000	500	+ 109	+ 122	286	71
15.—21. „	—	5020	4970	1600	405	+ 44	+ 24	229	58
22.—28. „	—	4510	4710	550	20	— 73	— 37	79	3

Die Gewichtszunahme ist für die 2 ersten Perioden bei beiden Thieren, entsprechend der Nahrungszufuhr, ungefähr gleich gross sie sinkt in der dritten Periode mit dieser, um in der vierten, wo zu wenig zugeführt werden konnte, bei beiden Hunden einer Abnahme Platz zu machen, die sogar bei Hund *B* bedeutender ausfällt, da derselbe auch in der letzten Zeit seine gesunden Glieder fleissig benutzte, um sich wie er konnte Bewegung zu machen, während der mit kalkarmer Nahrung gefütterte Hund ruhig im Käfig liegen blieb.

In vieler Beziehung lehrreich ist der zweite Versuch an dem jungen Hunde kleiner Rasse. Ich habe die Versuchszeit in Perioden zu 16 Tagen eingetheilt, nur die letzte Periode umfasst 18 Tage.

Dauer der Periode	Körpergewicht zu Ende der Periode	Nahrungsmenge während der Periode		Aenderung des Körpergewichts für den Tag	Nahrungsmenge für den Tag	
		Fleisch	Speck		Fleisch	Speck
1. Tag	1560	—	—	—	—	—
1.— 16. „	2091	2432	608	+ 33	152	38
17.— 32. „	2289	1643	411	+ 12	103	26
33.— 48. „	2643	2100	475	+ 22	131	30
49.— 64. „	2971	2100	525	+ 23	131	38
65.— 80. „	3011	2000	500	+ 3	125	31
81.— 96. „	2996	2100	525	— 1	131	33
97.—112. „	3075	1900	475	+ 6	119	30
113.—128. „	3097	1700	425	+ 2	106	26
129.—144. „	3093	1800	425	+ 0	112	27
145.—162. „	2800	1800	450	— 21	100	25

Sehen wir von der letzten Wägung ab, da sie erst am todten Thiere nach dessen Section gemacht worden ist, so erhalten wir auch hier eine ganz ähnliche Uebereinstimmung zwischen der Nahrungsmenge und dem Körpergewicht wie beim vorigen Hunde *C.* Das Thier wächst trotz des kalkarmen Futters in den 5 ersten Perioden bis zum 80. Versuchstage, wo es ungefähr 4 Monate alt ist, ziemlich gleichmässig; nur in der zweiten Periode nimmt es etwas weniger zu, was mit der geringeren Nahrungsaufnahme in Zusammenhang steht. Vom 80. Versuchstage bis zuletzt, also 2 Monate lang, erhielt sich der Hund auf gleichem Gewichte, oder nimmt höchstens in der letzten Periode etwas ab, aber wiederum ganz entsprechend der verminderten Zufuhr. In allen Versuchen lässt sich also der Zusammenhang zwischen Gewichtszunahme und Nahrungsmenge nicht verleugnen, beide sinken und wachsen gleichmässig und hängen direct von einander ab.

Mit diesem Resultate stehen die Versuche Weiske's in schroffem Gegensatz. Wenn derselbe auch nicht leugnet, dass in der ersten Zeit trotz der mangelnden Kalkzufuhr ein Ansatz erfolgen kann, was er ja auch bei einem Kaninchen zu constatiren Gelegenheit hatte[1]), so hielt er dies doch nur für kurze Zeit möglich. Vom 12. Tage nahmen bei seinen Versuchen die Thiere, nach seiner Meinung in Folge des Kalkmangels, an Gewicht ab und gingen in 28 — 60 Tagen unter den nämlichen Erscheinungen zu Grunde wie bei Allgemeinhunger.

Wollte man hieraus schliessen, dass die Zellen eines bestimmten Kalkgehalts zu ihrer Existenz bedürfen und trotz sonst genügender Zufuhr zerfallen, sobald dieser ihnen genommen wird, so widerlegt sich eine solche Annahme alsbald durch meine Zahlen. Dieselben machen aber auch meine frühere Annahme, dass Weiske's Versuchsthiere wirklich an Gesammthunger zu Grunde gegangen sind, noch wahrscheinlicher.

Es ist daher absolut nöthig, bei solchen Versuchen bis auf den Kalk dem Thiere eine ausreichende Nahrung zukommen zu lassen und dieselbe ihm, wenn es sie nicht freiwillig verzehrt, mit Zwang beizubringen.

1) Zeitschrift für Biologie 1874 Bd. 10 S. 420.

Wenn ich aus meinen Versuchen bei Kalkmangel die Einnahmen pro Kilo Thier berechne, so erhalte ich für den Tag:

II. Versuch				III. Versuch			
Dauer der Periode	Nahrungsmenge im Tag Eiweiss	Fett	Kalk	Dauer der Periode	Nahrungsmenge im Tag Eiweiss	Fett	Kalk
1.— 16. Tag	18,6	20,4	0,021	1. — 7. Tag	17,8	19,8	0,020
17.— 32. „	10,5	11,6	0,012	8. — 14. „	14,7	16,2	0,017
33.— 48. „	11,8	12,0	0,013	15. — 21. „	10,9	11,6	0,012
49.— 64. „	10,5	12,1	0,012	22. — 28. „	3,6	0,8	0,005
65.— 80. „	9,4	10,2	0,010	Mittel	11,7	12,1	0,014
81.— 96. „	9,7	11,5	0,011				
97.—112. „	8,7	9,7	0,010				
113.—128. „	7,8	8,3	0,009				
129.—144. „	8,2	8,8	0,009				
145.—162. „	7,5	8,3	0,008				
Mittel	10,3	11,5	0,012				

Dagegen hat Weiske bei den günstigsten Ansätzen seinen Lämmern täglich pro Kilo 0,9 g Eiweiss und 6,7 g Kohlehydrate gegeben, d. h. nur etwa $^1/_{10}$ des Eiweisses und die Hälfte der stickstofffreien Stoffe, welche meine Hunde erhielten. Denn es entspricht das Futter seiner Lämmer täglich pro Kilo etwa 4 Fleisch und 4 Fett, während mein Hund III im Mittel 53 Fleisch und 12 Fett, mein Hund II 47 Fleisch und 12 Fett erhielt. Dass bei einer so geringen Zufuhr wie bei Weiske's Versuchen kein Wachsthum möglich war, ist einleuchtend, und trotzdem giebt er immer noch täglich 0,195 g oder auf 1 Kilo Thier 9 mg Kalk, wogegen bei meinen Versuchsthieren während des Wachsthums auf 1 Kilo 9 — 17 mg Kalk treffen; denn es enthalten 100 g trockenes Futter bei Weiske 0,195 Kalk, bei mir aber nur 0,052 Kalk, oder 4 mal weniger.

Es ist durch meine Versuche also zunächst sicher gestellt, dass junge Thiere, wenn der Kalk im Futter fehlt oder in zu geringer Menge vorhanden ist, bei Aufnahme genügender Quantitäten der organischen Nahrungsstoffe nicht alsbald an Gewicht verlieren, sondern vielmehr wie normal zunehmen und wachsen. Die Ausnützung im Darm, die Zersetzung im Körper und der Bedarf an organischen Nahrungsstoffen ändert sich auch bei Kalkhunger längere

Zeit nicht, und es treten erst dann die Folgen in dieser Richtung auf, wenn das Thier durch die Veränderungen im Skelet zu sehr leidet und der Appetit deshalb nachlässt. Man muss aber Sorge tragen, dass die Thiere das Futter, wenn auch zwangsweise, Tag für Tag verzehren.

Eben so wenig hat sich ferner Weiske's Befund, dass bei ungenügender Kalkzufuhr keine Vergrösserung des Skelets stattfindet, durch die Messungen, welche ich während des Versuches ausgeführt habe, als richtig herausgestellt; ich maass nämlich folgende Längen der Körpertheile, in Centimetern ausgedrückt:

II. Versuch, Hund kleiner Rasse.

	44. Tag	68. Tag	92. Tag
Vord. Extr., Oberschenkel	7,5	7,0	7,0
„ „ Unterschenkel	7,5	7,0	7,5
„ „ Fuss	6,5	8,0	7,5
Hintere „ Oberschenkel	8,0	9,0	9,0
„ „ Unterschenkel	7,9	8,0	8,0
„ „ Fuss	9,5	9,0	9,0
Nasenspitze bis zur Hinterhauptsfontanelle	10,5	11,0	11,0
Hinterhauptsfontanelle bis 1. Brustwirbel	11,0	11,0	11,0
1. Brustwirbel bis 1. Schwanzwirbel .	23,5	26,0	27,0

III. Versuch, Hund grosser Rasse.

	1. Versuchstag			28. Versuchstag	
	A	*B* mit Kalk	*C* ohne Kalk	*B* mit Kalk	*C* ohne Kalk
Vord. Extr., Oberschenkel . . .	9,5	9,5	9,0	11,0	11,0
„ „ Unterschenkel . .	9,0	10,0	11,0	12,0	12,0
„ „ Fuss	8,0	9,0	8,5	8,5	9,0
Hintere „ Oberschenkel . . .	10,0	10,0	10,0	11,0	11,0
„ „ Unterschenkel . .	12,0	12,0	12,0	13,0	13,0
„ „ Fuss	11,0	11,0	11,5	12,0	12,0
Nasenspitze bis zur Hinterhauptsfontanelle	12,5	13,0	12,5	14,5	14,6
Hinterhauptsfontanelle bis 1. Brustwirbel	13,5	14,0	11,5	15,0	15,0
1. Brustwirbel bis 1. Schwanzwirbel	23,0	24,0	24,0	30,0	30,0

Haben diese Zahlen, die ich mit Hilfe eines Zirkels gewonnen, auch auf absolute Genauigkeit keinen Anspruch, so beweisen sie doch eine Zunahme des Knochensystems in allen seinen Dimensionen.

Das normale Wachsthum der Knochen bei kalkarmem Futter liess sich auch im dritten Versuche, wo ich die Controle in dem normal ernährten Hunde *B* besass, an den einzelnen Knochen constatiren, welche bei beiden Hunden, wie ich schon früher hervorhob, in der Länge sich nicht von einander unterschieden, eher war sogar darin Hund *C* im Vortheil; auch das Becken macht darin nur in den Breitedurchmessern eine Ausnahme. Damit ganz übereinstimmend fand Tuczek bei seinen Tauben folgende Längen der Knochen in Centimetern:

	a	*b* (mit Kalk) nach 13 Tagen	*c* (ohne Kalk) nach 34 Tagen
Humerus	3,7	3,8	4,0
Femur	4,0	4,0	4,2
Ulna	4,5	4,6	5,0
Crus	4,6	4,7	5,1

Es steht demnach die Länge der Knochen bei Kalkmangel ganz im Einklang mit dem Alter der betreffenden Taube.

Wir gelangen damit auch für das Skelet zu dem nämlichen Resultate, welches schon Forster am erwachsenen Thiere bei aschearmer Nahrung gefunden:

„Das Wachsthum der Thiere hängt direct nur von der genügenden Zufuhr verbrennlicher Substanz ab. Kalkmangel kann die Zunahme der Weichtheile, sowie des Skelets, erst dadurch beeinträchtigen, dass er einen Zustand im Körper hervorruft, welcher die Aufnahme genügender Nahrungsmengen unmöglich macht."

Welche Folgen hat aber ungenügende Kalkzufuhr für den wachsenden Organismus? Ich möchte schon jetzt darauf hinweisen, dass die Erscheinungen in dieser Richtung bei den drei Versuchen theilweise verschieden sich gestalteten. Während nämlich im Taubenversuche wegen der Kleinheit des Thieres trotz der geringen Kalkzufuhr nervöse Störungen in den Vordergrund traten und das Skelet verhältnissmässig geringe Abnormitäten zeigte, findet sich bei den zwei Hunden die Skeleterkrankung bedeutend hervortretend, besonders im dritten Versuche, was augenscheinlich mit der Grösse des Knochenwachsthums in Zusammenhang steht. Denn der Hund grösserer Rasse (Nr. III) zeigte schon nach 22 Tagen alle Erscheinungen der Knochenerkrankung, der Hund kleiner Rasse (Nr. II) erst nach etwa 90 Tagen; bei der kleinen Taube waren am 35. Tage

noch keine pathologischen Veränderungen am Knochen, aber Krankheitssymptome am übrigen Körper zu bemerken.

Die Symptome, welche bei den beiden Versuchen am Hunde sich zeigten, sind: Zurückbleiben der Verknöcherung, geringere Festigkeit und Dicke der einzelnen Knochen mit allen Anzeichen rhachitischer Erkrankung, nämlich grössere Injection, Anschwellung an den Epiphysen, Unregelmässigkeit der Anordnung in den Verknöcherungszonen, Knickungen an den Rippen, dem Schulterblatt, Verkrümmung der Extremitäten, in Folge davon schwerfälliger Gang mit Schmerzempfindung, was sich schliesslich bis zur Unmöglichkeit des Gebrauchs der Glieder steigert. Daneben tritt Mangel an Fresslust auf, theilweise mit Verdauungsstörungen sich verbindend. Dazu gesellen sich im dritten Versuche noch Erscheinungen von Seite des Nervencentralorgans: Theilnahmslosigkeit und Stumpfheit gegenüber den äusseren Eindrücken.

Wir kommen so zu dem Satze: Mangel an Kalk in der Zufuhr hält beim wachsenden Organismus die normale Verknöcherung des Skelets hintan, was eine rhachitische Erkrankung mit allen Symptomen zur Folge hat, die je nach der Intensität des Wachsthums und dem Bedarf an Kalk verschieden rasch und intensiv eintreten. Daneben können sich entweder von den Knochenveränderungen abhängig oder auch selbständig anormale Erscheinungen von Seite aller übrigen Organe einstellen.

Ist auch damit constatirt, dass beim wachsenden Thiere wie beim erwachsenen der Kalkgehalt des Organismus bis zu einem gewissen Grade Schwankungen zeigen kann, so haben wir doch bis jetzt noch keinen Aufschluss darüber erhalten, in wie weit die einzelnen Organe an dieser Verarmung sich betheiligen. Wir wissen, dass bei Gesammthunger der Antheil der verschiedenen Organe an dem Gesammtverluste ein sehr ungleicher ist, wenigstens beim erwachsenen Thiere. So fand mein Bruder[1]) bei einer Abnahme des ganzen Körpers von 32,8 % eine Abnahme der frischen Muskeln um 30,5 %, des Gehirns um 3,2 %, der Knochen um 13,9 %. Aehnliche Werthe erhielten im gleichen Falle Bidder und Schmidt.

1) Zeitschrift für Biologie 1866 Bd. 2 S. 355.

Beim noch wachsenden Organismus stellen sich die Zahlen ganz ähnlich, wenigstens so weit es sich aus den Versuchen Weiske's [1]) an Kaninchen ersehen lässt, bei welchen sich ergab:

Abnahme des ganzen Körpers	I	49,5 %
„ „ „ „	II	48,0
Abnahme der Knochen	I	12,45 %
„ „ „	II	3,02

Desgleichen fand Forster [2]) für die einzelnen Organe eine sehr verschiedene Abnahme der Salze bei Aschehunger; es betrug die procentische Abnahme der Asche der Organe:

im Blut	29,9 %
im Muskel	6,2
im Gehirn	4,7

Der Kalkmangel wird sich voraussichtlich ebenfalls im Blute zuerst erkennen lassen, da dasselbe, obwohl es in diesem Falle aus der Nahrung so gut wie keinen Kalk erhält, doch in den Ausscheidungsorganen (Nieren und Darm) beständig Kalk verliert. Wenn nun die Zellen und Gewebe mit der umspülenden kalkarmen Ernährungsflüssigkeit sich in Austausch setzen, so werden sie, da sie noch verhältnissmässig reicher an Kalk sind, an das Blut Kalk abgeben und so nach und nach ebenfalls an Kalk verarmen. Diese Verarmung wird um so eher eintreten, je weniger die Organe die Fähigkeit besitzen, den Kalk festzuhalten.

Bei meinen Versuchen an wachsenden Thieren haben wir es ausserdem mit einer Vergrösserung der Organe zu thun, wobei sich die Aschebestandtheile erst in die neu entstandene Masse abzulagern haben; dadurch werden sich also die Eigenthümlichkeiten der Organe in Bindung des Kalks um so entschiedener ausprägen müssen.

Um über diese Verhältnisse einigen Aufschluss zu erhalten, habe ich die einzelnen Organe meiner Hunde gewogen und deren Asche analysirt. Ich bin dabei überall so verfahren, dass ich, wenn nichts weiter bemerkt ist, den Magen- und Darminhalt von dem Bruttokörpergewicht abzog und auf das so gewonnene Reingewicht die Procente bezog. Da ich die Eingeweide gleich nach dem Herausnehmen wog, so kann die Differenz zwischen dem Gewicht

1) Zeitschrift für Biologie 1874 Bd. 10 S. 422 u. 424.

2) Zeitschrift für Biologie 1873 Bd. 9 S. 367.

aller Organe und dem ursprünglichen Reingewicht nur von der Vertrocknung der Theile während des Präparirens herrühren, weshalb ich die Differenz proportional dem Gewichte auf Muskeln und abpräparirtes Bindegewebe vertheilte. Ich erhielt so folgende Werthe:

III. Versuch.

	A	*B* mit Kalk	*C* ohne Kalk
Bruttogewicht . .	3025,0	4510,0	4710,0
Darminhalt . . .	60,7	23,3	33,0
also Reingewicht .	2964,3	4486,7	4677,0
gefunden	2788,5	4335,6	4399,3
Differenz	235,8	151,1	277,7
Von letzterer treffen auf:			
Muskeln	178,7	106,9	199,0
Bindegewebe . .	57,1	44,2	78,7

Corrigirte Tabelle.

	A		*B* mit Kalk		*C* ohne Kalk	
	Organgewicht	% des Körpergewichts	Organgewicht	% des Körpergewichts	Organgewicht	% des Körpergewichts
Haut	458,0	15,45	605,2	13,49	636,9	13,62
Bindegewebe mit Fett	307,3	10,37	593,1	13,22	555,9	11,89
Muskeln	957,2	32,29	1434,3	31,97	1393,2	29,79
Knorpel	30,2	1,05	13,0	0,29	14,2	0,30
Knochen	525,9	17,74	804,8	17,94	872,4	18,65
Gehirn	69,1	2,56	75,6	1,88	75,6	1,84
Rückenmark	6,6		8,9		8,6	
Lunge	45,7	1,54	39,7	0,89	45,6	0,97
Darmkanal, leer . .	199,0	6,71	316,3	7,05	327,7	7,01
Leber mit Galle . .	155,7	5,25	213,3	4,74	249,0	5,45
„ ohne „ . .	—	—	200,9	—	232,8	—
Pankreas, Milz, Thymus	32,5	1,10	18,9	0,42	50,1	1,07
Harn- und Geschlechtsorgane	46,0	1,55	45,3	1,01	57,8	1,24
Herz	27,3	0,92	34,4	0,77	39,0	0,83
Blut (ausgeflossen) . .	103,8	3,50	283,9	6,33	351,0	7,50

Da das Blut nur durch Verbluten der Thiere gewonnen worden ist, so darf dafür keine genauere Uebereinstimmung erwartet werden. Auch auf die etwas hohe Zahl des Skelets von *C* möchte ich kein zu grosses Gewicht legen, da dasselbe nicht so genau von anhängendem Bindegewebe befreit worden war, als das von Hund *B*. Im Uebrigen vermag man die gleichmässige Zunahme der einzelnen

Organe beider Hunde wohl zu erkennen, was noch deutlicher hervortritt, wenn wir mit Zuhilfenahme der Organgewichte des Hundes *A* die Anfangsgewichte einiger grösserer Organe von *B* und *C* berechnen und mit deren Endgewichten vergleichen. Man erhält so:

	B mit Kalk			*C* ohne Kalk		
	Gewicht der Organe in g			Gewicht der Organe in g		
	Anfang	Ende	Zunahme	Anfang	Ende	Zunahme
Haut	487,8	605,2	117,4	495,6	636,9	141,3
Muskel und Herz . .	1048,5	1468,7	420,2	1065,2	1432,2	367,0
Bindegewebe und Fett	327,3	593,1	265,8	332,5	555,9	222,4
Knochen und Knorpel	592,2	817,8	225,6	601,7	886,6	284,9
Leber mit Galle . .	165,8	213,3	47,5	168,5	249,0	80,5
übrige Eingeweide . .	344,2	420,2	56,0	349,7	481,2	131,5
Nervöser Apparat . .	80,6	84,5	3,9	81,9	84,2	2,3
Blut	110,5	283,9	173,4	112,3	351,0	238,7

Die Differenzen in der Zunahme der Organe von *B* und *C* bewegen sich alle in normalen Grenzen, nur die Leber zeigt vielleicht einen zu grossen Unterschied. Die Zahlen ändern sich sehr wenig, wenn wir die Werthe der Trockensubstanzen einsetzen, da die Organe beider Thiere, wie aus den Analysen zu ersehen ist, nahezu den gleichen Wassergehalt besitzen. Eine Ausnahme davon macht allein das Skelet; dasselbe giebt nämlich:

	A	*B* ohne Kalk	*C* mit Kalk
frische Substanz . . .	525,9	806,3	872,4
Trockengewicht	177,6	282,8	244,8
Wassergehalt in Procenten	66,2	64,9	71,9

Der ungleiche Wassergehalt des Knochens zeigt uns schon den verschiedenen Verknöcherungsgrad an, da die Menge des Wassers mit dem Gehalt an Knorpelmasse zunehmen muss. Der hohe Wassergehalt bei *C* kann nicht von den noch anhängenden Weichtheilen herrühren, denn diese müssten sonst 175 g, also über $^1/_{10}$ der ganzen Muskelmasse, ausmachen.

Ausserdem bieten auch diejenigen Theile des Skelets, welche ich der Analyse halber vollkommen gereinigt hatte die nämlichen Unterschiede dar.

	A			*B*			*C*		
	Gewicht der Knochen			Gewicht der Knochen			Gewicht der Knochen		
	frisch	trocken	Wassergehalt in %	frisch	trocken	Wassergehalt in %	frisch	trocken	Wassergehalt in %
Tibia links .	—	—	—	18,08	7,16	59,8	19,17	5,85	69,4
Humerus rechts	—	—	—	24,83	8,43	66,0	25,42	6,84	73,1
Scapula rechts	6,37	2,13	66,9	10,12	3,66	63,8	10,96	3,16	71,2
Becken . . .	17,86	6,74	62,2	30,32	12,33	59,3	26,31	8,46	67,8

Betrachten wir dagegen das Wachsthum des bei 100° getrockneten Skelets, wobei die Ungleichheit in der Präparation nahezu verschwindet, da ja die Weichtheile 75 % Wasser enthalten, so bekommen wir:

	trockenes Skelet		
	Anfangsgewicht	Endgewicht	Differenz
Hund *B* . .	189,1	282,8	+ 93,7
Hund *C* . .	192,2	244,8	+ 52,6

Diese ansehnliche Differenz in der Zunahme beider Skelete an trockener Substanz kann nur durch den geringen Gehalt des Skelets des Hundes *C* an Knochenerde bedingt sein, was mit dem Wasserreichthum desselben ganz übereinstimmt. Es ist das ein neuer Beweis dafür, dass der Ansatz der Körpersubstanz von dem Aschegehalt, speciell dem Kalk, innerhalb gewisser Grenzen unabhängig ist.

Die Gewichtsbestimmungen im zweiten Versuche wurden ganz in der nämlichen Weise ausgeführt wie im dritten. Da wir den Hund II am Ende des Versuches nahezu als ausgewachsen betrachten dürfen, so werden wir bei ihm etwas andere Verhältnisse zu erwarten haben. Ich setze deshalb die Organgewichte eines Normalhundes daneben, wie sie Heiss [1]) in seiner Abhandlung über Folgen der Milchsäurefütterung angiebt.

II. Versuch.

Reingewicht	2800,0
gefunden	2570,2
Differenz	229,8

Von letzterer treffen auf:

Muskeln	140,9
Bindegewebe	88,9

1) Zeitschrift für Biologie 1876 Bd. 12 S. 159.

	Kalkarmer Hund II		Normaler Hund von Heiss	
	Organgewicht	% des Körpergewichts	Organgewicht	% des Körpergewichts
Haut	190,4	6,8	1181,6	31,0
Bindegewebe und Fett	612,1	21,9		
Muskeln	972,9	34,8	1461,1	38,5
Knorpel / Knochen	310,9	11,1	365,8	9,6
Gehirn	57,8	2,3	51,0	1,3
Rückenmark	6,9			
Lunge	34,7	1,2	52,9	1,4
Darmkanal	305,4	10,9	235,5	6,2
Leber mit Galle	170,2	6,1	121,7	3,2
Nieren	23,8	0,9	26,6	0,7
Milz	—	—	10,8	0,3
Herz	35,5	1,3	33,0	0,9
Blut (aufgesammelt)	79,4	2,8	260,2	6,8

Da ich den Hund II mittels Blausäure und nicht durch Verbluten aus einer Arterie getödtet habe, so erhielt ich nur wenig Blut, und ist die niedrige Zahl darauf zurückzuführen. Ferner wurde der Darm nicht völlig leer gewogen, weshalb dessen Gewicht etwas zu hoch ausgefallen ist. Mit dem dritten Versuche ganz übereinstimmend ist der hohe Procentsatz der Leber des kalkarmen Thieres.

Wie im dritten Versuche zeigt auch hier das Skelet einen bedeutend höheren Wassergehalt als normal, nämlich von 50,5 %, während M. Schrodt[1]) in seinen vergleichenden Knochenuntersuchungen für die Extremitätenknochen von Hunden einen Wassergehalt von 13,8—22,2 %, für die Wirbelsäule von 16,8—44,3 % angiebt, so dass der Wassergehalt des ganzen Skelets normal sicherlich nicht über 44 % liegt.

In wie weit wir übrigens aus dem Wassergehalt des ganzen Skelets auf den Knorpelgehalt des Knochens schliessen können, lehrt folgende Tabelle:

1) Landwirthschaftliche Versuchsstationen Bd. 19 S. 349 in Maly's Jahresbericht 1876 Bd. 6 S. 207.

	Skelet		100 g Körpergewicht enthalten Knochen		Wassergehalt der Knochen
	frisch	trocken	frisch	trocken	
1.	525,9	177,6	17,74	5,98	66,2
2. III. Versuch, junge Thiere *A*	806,3	282,8	17,94	6,33	64,9
3. *B* mit Kalk *C* ohne Kalk	872,4	244,8	18,65	5,23	71,9
4. II. Versuch ausgewachsen, ohne Kalk	310,9	155,2	11,10	5,54	50,5
5. alter Normalhund	4994,9	3790,6	11,35	8,61	24,1

Die Bestimmung an dem Normalhunde, einem alten 44 kg schweren Thier, habe ich selbst ausgeführt.

Das procentische Verhältniss des trockenen Skelets zum Körpergewicht vergrössert sich bei den normalen Thieren (1. 2. 5.) mit dem Wachsen des Organismus; dem entsprechend sinkt der Wassergehalt. Ein niedrigeres procentisches Trockengewicht des Skelets zeigen dagegen die beiden kalkarmen Thiere (3. 4.), zugleich mit einer entsprechenden Erhöhung des Wassergehalts der Knochen gegenüber den betreffenden Normalthieren 1 und 5.

Dass also der Knochen an der Kalkarmuth des Körpers sich betheiliget, lässt sich schon aus diesen Thatsachen mit Sicherheit schliessen; eine weitere Bestätigung wird uns die chemische Analyse geben.

Durch letztere werden wir auch den erwünschten Aufschluss über den Kalkgehalt der übrigen Organe erhalten, woraus sich dann beurtheilen lassen wird, in wie weit gewisse Krankheitssymptome auf den Kalkmangel der Organe direct zurückzuführen sind.

Da sich im wachsenden Thiere die Aschebestandtheile sowohl im Knochen als auch in den übrigen Organen in ihrer quantitativen Zusammensetzung allmählich ändern, so will ich zuerst die betreffenden Resultate an den normalen Thieren zusammenstellen, wornach sich die Resultate an den kalkarmen besser beurtheilen lassen werden.

Das Blut kam defibrinirt zur Untersuchung. Die Muskeln sind, wenigstens für die wachsenden Hunde, vom ganzen Körper genommen und sehr sorgfältig von Bindegewebe und Fett gereinigt worden. Eben so wurde die Leber, so weit es möglich war, von Blutgefässen und Bindegewebssträngen befreit; vom Gehirn wurden natürlich die Häute entfernt.

Normale Hunde.

100 frisches Organ enthält . . .	III. Versuch, Hund *A*, 1 Monat alt					III. Versuch, Hund *B*, 2 Monat alt					ausgewachsener Hund				
	Wasser	Asche	Fe_2O_3	CaO	MgO	Wasser	Asche	Fe_2O_3	CaO	MgO	Wasser	Asche	Fe_2O_3	CaO	MgO
Leber	76,42	1,269	0,037	0,012	0,030	73,82	1,299	0,041	0,012	0,033	—	—	—	—	—
Muskel	78,50	1,114	0,009	0,010	0,036	79,57	0,993	0,008	0,016	0,031	73,90	1,13	0,024	0,019	—
Blut	87,26	0,904	0,030	0,018	0,007	85,64	0,839	0,037	0,015	0,006	77,80	1,26	0,064	0,017	—
Gehirn	—	—	—	—	—	81,82	1,380	0,026	0,021	0,024	76,15	1,58	0,010	—	—
100 trockenes Organ enthält . .		. .	. .	. .	. .		. .	. .	. .	. .		. .	. .	. .	. .
Leber		5,38	0,158	0,049	0,129		4,96	0,156	0,046	0,127		—	—	—	—
Muskel		5,18	0,042	0,048	0,166		4,86	0,040	0,080	0,150		4,33	0,094	0,073	—
Blut		7,10	0,238	0,144	0,054		5,84	0,260	0,104	0,044		5,70	0.290	0,077	—
Gehirn		—	—	—	—		7,58	0,144	0,116	0,130		6,61	0,044	—	—
100 Organasche enthält . . .			. .	. .	. .			. .	. .	. .			. .	. .	. .
Leber			3,02	0,94	2,47			3,15	0,95	2,56			—	—	—
Muskel			0,81	0,93	3,22			0,83	1,61	3,06			2,17	1,69	—
Blut			3,35	2,03	0,76			4,46	1,78	0,74			10,67	1,40	—
Gehirn			—	—	—			1,90	1,52	1,72			0,67	—	—

Pathologische Hunde.

100 frisches Organ enthält	III. Versuch, Hund *C*, 2 Monate alt					II. Versuch, 7 Monat alt				
	Wasser	Asche	Fe_2O_3	CaO	MgO	Wasser	Asche	Fe_2O_3	CaO	MgO
Leber . .	73,71	1,43	0,033	0,011	0,041	72,41	1,280	0,076	0,015	0,033
Muskel . .	80,64	0,98	0,007	0,010	0,031	73,03	0,975	0,008	0,011	0,031
Blut . . .	87,17	0,85	0,025	0,011	0,006	79,85	0,980	0,057	0,012	0,009
Gehirn . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100 trockenes Organ enthält		. .	. .	. .	. .		. .	. .	. .	. .
Leber . . .		5,47	0,126	0,043	0,157		4,75	0,281	0,057	0,122
Muskel . .		5,08	0,037	0,052	0,159		3,70	0,032	0,039	0,116
Blut . . .		6,63	0,194	0,084	0,048		4,87	0,284	0,061	0,045
Gehirn . .		7,18	0,073	0,068	0,139		—	—	—	—
100 Organasche enthält			. .	. .	. .			. .	. .	. .
Leber . .			2,31	0,79	2,86			5,81	1,19	2,55
Muskel . .			0,73	1,08	3,13			0,86	1,05	3,15
Blut . . .			2,87	1,24	0,71			5,83	1,26	0,92
Gehirn . .			1,01	0,95	1,94			—	—	—

Wir sehen beim normalen Thiere mit dem Alter die Organe an Wasser und Gesammtasche (letzteres deutlich im trockenen Organe) abnehmen und zwar ungefähr in gleicher Weise, so dass das gegenseitige Verhältniss von Wasser und Asche wenig geändert wird, vielleicht etwas zu Gunsten der Asche beim ausgewachsenen Individuum.

Mit dem Alter der Thiere nehmen in den meisten Fällen die schwer löslichen Verbindungen der Asche, nämlich Eisen und Kalk, relativ und absolut zu; nur das Blut ist bei den jungen Thieren reicher an Kalk. Es müssen somit die leicht löslichen Alkaliverbindungen etwas zurücktreten. Welche Bedeutung diese Veränderung für die Function des Organes hat, lässt sich noch nicht beurtheilen, da wir über die Bedeutung der Aschebestandtheile für das einzelne Organ zu sehr in Unkenntniss uns befinden. Nur über den Werth des Eisengehalts des Blutes können wir etwas aussagen; da dasselbe hauptsächlich vom Hämoglobin herrührt, d. h. indirect von der Masse der rothen Blutkörperchen, so ist aus der

bedeutenden Vermehrung des Eisens im erwachsenen Individuum auf eine relative Vermehrung der rothen Blutkörperchen zu schliessen.

Sehr auffällig ist der grosse Gehalt des trockenen Blutes und der Blutasche an Kalk und Magnesia bei wachsenden Thieren. Der Unterschied gegenüber den ausgewachsenen Thieren tritt noch deutlicher hervor, wenn wir einen mit der gleichen Nahrung (Fleisch und Speck) gefütterten ausgewachsenen Hund zum Vergleiche wählen; Heiss[1]) fand nämlich im trockenen Blut seines Hundes nur 0,022 % Kalk und 0,027 % Magnesia.

Da der Aschegehalt des Blutes von den aus dem Darm aufgenommenen Salzen bis zu einem gewissen Grade abhängig sein wird, so könnten wir als Ursache für den hohen Kalkgehalt des Blutes junger normaler Thiere die bessere Ausnützung der Gesammtnahrung im Darmkanal des kindlichen Organismus annehmen. Und das möchte auch auf den ersten Blick einige Wahrscheinlichkeit für sich haben. Rubner[2]) hat nämlich beim Erwachsenen bei Aufnahme verschiedener Mengen von Milch im Mittel 8,5 (7,7—10,2) der Trockensubstanz derselben im Koth wieder erhalten, während Forster[3]) bei einem kleinen Kinde nur 6,35 % darin fand. Diese ungleiche Ausnützung betrifft aber nicht alle Nahrungsstoffe gleichmässig; denn während die übrigen Stoffe der Milch beim Kind und Erwachsenen so ziemlich in gleichem Grade ausgenützt werden, ist die Ausnützung der Asche derselben sehr verschieden: es kommen nämlich beim Kind 36,5 % der mit der Milch gegebenen Asche in dem Kothe wieder zum Vorschein, beim Erwachsenen dagegen 46,5 %; es wird also die Asche der Milch beim Kind besser verwerthet als beim Erwachsenen.

Nun dürfen wir aber die Kothasche nicht ausschliesslich als Ascherückstand der Nahrung betrachten, denn im Darm werden auch gewisse Aschebestandtheile aus den Säften ausgeschieden. Es geht dies schon aus dem hohen Aschegehalt des Hungerkothes hervor. Ich habe einmal einen ausgewachsenen Hund lange Zeit

1) Zeitschrift für Biologie 1876 Bd. 12 S. 160.

2) Zeitschrift für Biologie 1879 Bd. 15 S. 132.

3) Mittheilungen aus der morphol.-physiologischen Gesellschaft zu München, Sitzung vom 6. März 1878.

mit Fleisch und Speck im Stickstoffgleichgewicht erhalten; dabei entfernte derselbe im Koth allein doppelt so viel, als er in der Nahrung aufgenommen hatte. Dieser Kalk konnte also nur aus dem Körper stammen. Die Abgabe von Aschebestandtheilen aus den Säften durch den Koth beweisen auch Bertram's [1]) Resultate bei Phosphorsäurezugabe zum Futter der Pflanzenfresser, wobei der Kalk aus dem Harn vollständig verschwindet.

Was der Organismus von der zugeführten Asche nicht momentan zu verwerthen weiss, das wird entweder durch den Harn oder durch den Koth ausgeschieden. Da nun der kindliche Organismus in Folge des Organwachsthums viel mehr Asche nöthig hat als der erwachsene, so wird auch bei gleicher Resorptionsfähigkeit des Darms für die Asche der Letztere mehr davon wieder zur Ausscheidung bringen. Es beruht somit die scheinbar so verschiedene Ausnützung der Asche im Darm des Kindes und des Erwachsenen wohl zum grössten Theil auf dem grösseren Bedarf des kindlichen Organismus an derselben.

Dem kindlichen Organismus steht übrigens selbst bei gleicher Ascheausnützung relativ bedeutend mehr Asche zu Gebote wie dem Erwachsenen, und ist der hohe Aschegehalt des Blutes des jugendlichen Thieres wohl darauf zurückzuführen. In dem vorher erwähnten Versuche Rubner's [2]) nahm der Erwachsene in der Milch, mit der er sich im Stickstoffgleichgewicht erhielt, im Tag 264,9 g Trockensubstanz mit 15,5 g Asche auf. Dagegen erhielt Forster's Kind in der Milch 136,8 Trockensubstanz mit 7,98 Asche und 1,72 Kalk, also halb so viel wie Ersterer. Würde nun die Asche beiderseits gleich ausgenützt, so käme beim kindlichen Organismus halb so viel Asche in die Säfte und Organe als beim Erwachsenen. Da aber das Gewicht des Erwachsenen wenigstens 10mal grösser ist als das des Kindes, so trifft auf 1 Gewichtstheil Kind etwa 5mal mehr Asche als auf 1 Gewichtstheil des Erwachsenen. Diese relativ bedeutendere Ascheaufnahme macht sich daher beim jugendlichen Organismus in dem Aschereichthum des Blutes geltend.

---

1) Zeitschrift für Biologie 1878 Bd. 14 S. 348.
2) a. a. O. S. 133.

Dass aber eine solche Anhäufung der für den Organismus nöthigen Salze in den Säften und Organen stattfinden kann, ist aus allen Versuchen ersichtlich, bei denen eine Steigerung in der Salzzufuhr stattfindet. Mein Bruder hat bei grösseren Kochsalzgaben in den ersten Tagen Kochsalz im Körper sich aufspeichern sehen. Eben so vergingen bei Feder's [1]) Fütterungen mit Salmiak und Kochsalz regelmässig fünf und mehr Tage, bis das gegebene Chlor und Ammoniak innerhalb 24 Stunden wieder zum Vorschein kam. Bertram [2]) fand bei Zugabe von phosphorsaurem Natron zum Futter von Pflanzenfressern nach 8 Tagen noch eine Differenz zwischen Ausgabe und Einnahme von 7,8 g Phosphorsäure, und bei Zugabe von phosphorsaurem Natron und Kreide von 4,9 g Phosphorsäure und 1,2 g Kalk. Ganz Analoges zeigte sich in Bunge's [3]) Versuchen bei Zugabe von Kali- und Natronsalzen zur Nahrung.

Wie sehr die Aschebestandtheile der Nahrung auf die Blutzusammensetzung von Einfluss sind, thut auch Verdeil's Versuch dar, bei dem sich nach längerer Fütterung mit dem kalkarmen Fleisch der Kalkgehalt des Blutes nur zu 0,10 % der Asche fand, während er letzteren bei dem nämlichen Hunde durch eine längere Brodfütterung auf 0,67 % erhöhen konnte.

Die schwer löslichen alkalischen Erden werden unter normalen Verhältnissen nach und nach vom Blute aus an die derselben bedürftigen Organe abgegeben, wahrscheinlich um so leichter, je reicher das Blut daran ist.

Betrachten wir nun die Zusammensetzung der mit kalkarmer Nahrung gefütterten Hunde (siehe Tab. S. 92). Die Zusammensetzung der trockenen Organe des kalkarmen Hundes *C* steht ungefähr in der Mitte zwischen der der normalen Hunde *A* und *B*, nähert sich aber mehr der des jüngeren Hundes *A*. Der Gehalt an Wasser und an Gesammtasche hat im Allgemeinen bei *C* gegenüber *A* noch nicht wesentlich abgenommen. Während der Magnesiagehalt ungefähr gleich geblieben, ist der Eisengehalt durchwegs gesunken; dieser Abfall ist zu bedeutend, als dass er sich auf einen zufälligen

1) Zeitschrift für Biologie 1877 Bd. 13 S. 256 u. 1878 Bd. 14 S. 161.
2) Zeitschrift für Biologie 1878 Bd. 14 S. 345 u. 350.
3) Zeitschrift für Biologie 1873 Bd. 9 S. 104.

ungleichen Blutreichthum der Organe zurückführen liesse. Zudem ist auch im Blute des Hundes *C* die procentische Eisenmenge sehr vermindert, was auch mit der Hämoglobin- und Blutkörperchenbestimmung übereinstimmt, welche Prof. Forster und Dr. Hans Büchner auszuführen die Güte hatten. Das Blut von Hund *B* enthielt 5,44 % Hämoglobin und 4,39‴ Blutkörperchen in einem Kubikmillimeter, das von Hund *C* dagegen nur 4,53 % Hämoglobin und 4,31‴ Blutkörperchen.

Eben so finden wir bei Hund *C* für den Kalk, auch gegenüber Hund *A*, im Allgemeinen geringere Werthe; dennoch ist der Kalkgehalt des trockenen Blutes immer noch etwas höher (0,084 %) als bei einem ausgewachsenen Hunde bei gleicher Fütterung. So fand Heiss bei seinem kleinen Hunde nur 0,022 % Kalk im trockenen Blut; derselbe erhielt bei einem Körpergewicht von 3800 g täglich 120 g Fleisch mit 20 g Speck und darin 0,03 g Kalk, mit denen er dauernd seinen Kalkbedarf deckte, während der gleich schwere junge Hund *C* in den ersten 14 Versuchstagen täglich 286 g Fleisch und 71 g Speck mit 0,07 g Kalk, also gerade die doppelte Ration, verzehrte.

Der zum zweiten Versuche bei kalkarmer Nahrung verwendete Hund nähert sich in seiner Aschezusammensetzung mehr dem ausgewachsenen Thiere, die Gesammtasche der Organe ist zum Theil geringer als die des normalen ausgewachsenen Thieres. Der Eisengehalt derselben steht ungefähr in der Mitte zwischen dem des Hundes *B* und des ausgewachsenen Thieres. Kalk und Magnesia sind grösstentheils verringert, auch gegenüber *A*, und nur in der Leber gleich geblieben.

Das Skelet habe ich bloss bei den Hunden des dritten Versuches auf seine Aschebestandtheile untersucht. Ich verwendete dazu je einen Röhrenknochen, den rechten Humerus, und einen platten Knochen, die rechte Scapula. Diese Knochen wurden nach mehrmonatlicher Maceration in destillirtem Wasser bei 100° getrocknet und gewogen, hierauf Rinde und spongiöse Substanz getrennt, um beide gesondert zu behandeln. Die Knochen wurden mit Aether extrahirt und in der fettfreien Masse die Ascheanalyse ausgeführt.

Humerus.

	Rinde			spongiöse Substanz		
	A	*B* mit Kalk	*C* ohne Kalk	*A*	*B* mit Kalk	*C* ohne Kalk
Verhältniss zwischen Rinde und spongiöser Substanz	1	1	1	1,10	1,15	1,28
% Fett im trockenen Knochen	2,51	6,03	3,38	9,58	16,98	11,90
in 100 g trockenem fettfreiem Knochen:						
Asche	66,96	63,26	65,48	67,91	58,46	61,27
Fe_2O_3	0,13	0,28	0,34	0,13	—	0,36
CaO	35,25	32,77	34,62	35,49	29,23	30,96
MgO	0,81	0,58	0,68	0,88	0,48	0,48
P_2O_5	26,74	26,65	27,87	27,31	22,42	25,01
in 100 g Asche: Fe_2O_3	0,19	0,45	0,53	0,18	—	0,58
CaO	52,85	51,80	52,86	52,24	50,00	50,53
MgO	1,22	0,92	1,03	1,29	0,81	0,78
P_2O_5	40,09	42,19	42,56	40,20	38,34	40,82

Scapula.

	Rinde			spongiöse Substanz		
	A	*B* mit Kalk	*C* ohne Kalk	*A*	*B* mit Kalk	*C* ohne Kalk
Verhältniss zwischen Rinde und spongiöser Substanz	1	1	1	0,89	0,87	0,90
% Fett im trockenen Knochen	3,16	4,30	1,81	8,88	7,08	3,69
in 100 g trockenem fettfreiem Knochen:						
Asche	64,73	60,67	63,00	64,62	57,30	60,57
Fe_2O_3	—	0,28	0,40	—	0,48	0,76
CaO	34,09	32,23	33,13	33,58	28,68	31,69
MgO	0,80	—	0,83	0,64	0,51	0,42
P_2O_5	27,00	—	—	26,62	21,11	22,72
in 100 g Asche: Fe_2O_3	—	0,46	0,63	—	0,88	1,27
CaO	52,67	53,12	52,58	51,99	51,31	52,31
MgO	1,22	—	1,32	1,01	0,92	0,69
P_2O_5	41,72	—	—	41,18	37,58	37,51

Nach dieser Analyse wäre gerade derjenige Knochen, bei welchem nach den früheren Gewichts- und Wasserbestimmungen des Skelets am wenigsten zu erwarten gewesen, nämlich der von Hund *C*, am reichsten an Knochenerde, während der normale Hund *B* den geringsten Gehalt daran besässe. Dieses Verhalten

thut dar, dass durch die Maceration des Knochens die Verhältnisse vollständig verschoben wurden.

Aeby[1]) sucht den Grund des grossen Widerstandes compacter Knochen gegen Fäulniss in dem hohen Aschegehalt derselben, der sie an der Quellung d. h. der Wasseraufnahme hindert. Ist dem so, so müssen die Knochen um so leichter faulen, je mehr Knorpelsubstanz sie enthalten.

Da wir nun nach dem Wassergehalt des Knochens für Hund *C* den meisten, für Hund *B* den geringsten Procentsatz an Knorpelsubstanz in Anspruch genommen, so musste auch durch die Maceration bei *C* am meisten, bei *B* am wenigsten davon verloren gehen. Einen weiteren Anhaltspunkt dafür bekomme ich durch Vergleichung der Knochengewichte vor und nach der Maceration, da ich die betreffenden Knochen vorher, sorgfältig gereinigt und getrocknet, gewogen hatte.

	Humerus			Scapula		
	unmacerirt	macerirt	Verlust in %	unmacerirt	macerirt	Verlust in %
A	5,30	2,630	50,4	2,13	1,27	40,4
B	8,43	5,864	30,4	3,66	2,54	30,6
C	6,84	3,343	51,1	3,16	1,48	53,1

Es wird nun zwar dieser Verlust bei der Maceration sich auch auf die Aschebestandtheile erstrecken, hauptsächlich aber wohl in organischer Substanz bestehen. Aus Wildt's[2]) Zahlen über die durch Wasser ausziehbaren Stoffe des Knochens wachsender Kaninchen berechne ich an löslichen anorganischen Bestandtheilen:

bei 14 Tage alten Kaninchen	5,6 %
„ 1 Monat „ „	4,1
„ 4 „ „ „	1,9
„ erwachsenen „	1,3

Die Asche der wässerigen Lösung bestand nur zum geringsten Theil aus Kalk, vielmehr vorzüglich aus Schwefelsäure, Phosphorsäure und Chlor.

1) Centralblatt für die med. Wissenschaften 1871 Nr. 14 S. 209.
2) Landwirthschaftliche Versuchsstationen 1872 Bd. 15 S. 404.

Dem analog findet Schrodt [1]) bei seinen vergleichenden Knochenuntersuchungen an Hunden 0,4 — 11,3 % in Wasser lösliche Stoffe. Dass aber darin die alkalischen Erden nur zum geringsten Theile vertreten sein können, beweisen die Löslichkeitsverhältnisse, welche Maly und Donath [2]) für Knochenstückchen und Kalkphosphat angegeben haben; nach ihnen treffen auf 100,000 Theile Wasser 3 Theile gelöstes Kalkphosphat; von den Knochenstückchen lösen sich in kohlensäurehaltigem Wasser 2 %, in destillirtem Wasser 1 % auf.

Um einen weiteren Anhaltspunkt zu bekommen, habe ich das Skelet einer noch nicht ganz ausgewachsenen Taube so sehr als möglich von den Weichtheilen befreit, im trockenen Zustande gewogen, dann der Maceration unterworfen und abermals getrocknet gewogen. Der durch die Maceration eingetretene Verlust betrug 35 %. An demselben betheiligte sich die organische Substanz der Knochen mit 93,5 %, worunter 6,1 % Fett sich befanden, dagegen die Asche nur zu 6,5 %, nämlich mit:

Fe_2O_3	0,06 %
CaO	1,19
MgO	0,27
P_2O_5	1,94

Das würde für die ganze Kalkmenge des Skelets 1 — 2 % Verlust ausmachen. Nehmen wir daher den Verlust, welchen das Skelet der Hunde durch die Maceration erlitten, als organische Substanz an, so wird der Fehler, den wir dadurch machen, nur unbedeutend sein, zumal er alle drei Hunde in gleicher Weise trifft. Mit Berücksichtigung dieses Verlustes und unter der Annahme, dass Rinde und spongiöse Substanz sich gleichmässig daran betheiligen, bekämen wir für den unmacerirten trockenen, aber fetthaltigen Knochen folgende Zusammensetzung:

---

1) a. a. O. S. 207.

2) Sitzungsberichte der k. k. Akad. d. Wissensch. 1873 2. Abth. Bd. 68 S. 19; auch im Journ. f. prakt. Chemie Bd. 7 S. 413.

Humerus.

100 g trockener Knochen	Rinde			spongiöse Substanz		
	A jung	*B* mit Kalk	*C* ohne Kalk	*A* jung	*B* mit Kalk	*C* ohne Kalk
Asche . . .	32,25	41,32	30,94	30,45	33,71	26,40
Fe_2O_3 . . .	0,06	0,18	0,16	0,06	—	0,16
CaO	17,04	21,40	16,36	15,92	16,87	13,34
MgO	0,39	0,38	0,32	0,40	0,28	0,21
P_2O_5	12,93	17,40	13,17	12,25	12,93	10,77

Scapula.

Asche . . .	37,21	40,29	29,06	35,01	36,96	27,22
Fe_2O_3 . . .	—	0,19	0,18	—	0,31	0,34
CaO	19,64	21,40	15,29	18,19	18,50	14,24
MgO	0,46	—	0,38	0,35	0,33	0,19
P_2O_5	15,45	—	—	14,42	13,62	10,21

Wildt fand bei Kaninchen im trockenen fetthaltigen Knochen nach der Geburt 43,2 %, für 1 Monat alte Thiere 53,3 % Asche; die Knochen der Kaninchen enthielten aber nur 1,9 % Fett, während ich für den unmacerirten Knochen bis zu 11 % Fett berechne, ja noch mehr, wenn wir den Verlust bei der Maceration berücksichtigen. Für den Kalk erhält Wildt 22—27 % in dem ersten Monat; der Unterschied gegenüber meiner Zahl ist nicht erheblich, wenn man den höheren Fettgehalt des Hundeknochens ebenfalls in Anschlag bringt.

Jedenfalls lässt sich aus obigen Zahlen beweisen, dass das Skelet des Hundes *C* in seinem Asche- und Kalkgehalt gegenüber *B* weit zurücksteht, ja sogar gegenüber *A*. Uebrigens scheinen alle Aschebestandtheile des Knochens bei kalkarmer Nahrung ziemlich gleichmässig abgenommen zu haben.

Ich habe die Veränderungen, welche die Organe des Hundes *C* bei kalkarmem Futter an den einzelnen Aschebestandtheilen erleiden, dadurch deutlich zu machen gesucht, dass ich die Differenz im Aschegehalt von 100 g trockenem Organ bei Hund *C* und dem Versuchshunde ermittelte und dann berechnete, wie viel dieselbe auf 100 g des betreffenden Aschebestandtheils beträgt.

Procentische Ab- oder Zunahme der einzelnen Aschebestandtheile von Hund *C*

		gegenüber dem Hunde *A*				gegenüber dem Hunde *B*			
		Asche	Fe_2O_3	CaO	MgO	Asche	Fe_2O_3	CaO	MgO
	Leber . . .	+ 1,7	— 20,3	— 12,2	+ 21,7	+ 10,3	— 19,2	— 6,5	+ 23,6
	Muskeln . .	— 1,9	— 11,9	+ 8,0	— 4,2	+ 4,5	— 7,5	— 35,0	+ 6,0
	Blut . . .	— 6,6	— 18,5	— 41,7	— 11,1	+ 13,5	— 25,4	— 19,2	+ 9,1
	Gehirn . .	—	—	—	—	— 5,2	— 49,3	— 41,4	+ 6,9
Scapula Humerus	Spongiosa .	— 13,3	—	— 16,2	— 47,5	— 21,7	—	— 20,9	— 28,5
	Rinde . . .	— 4,1	—	— 3,9	— 17,9	— 25,1	—	— 23,5	— 15,8
	Spongiosa .	— 22,2	—	— 21,7	— 45,7	— 26,3	—	— 23,0	— 42,4
	Rinde . . .	— 21,9	—	— 22,1	— 17,4	— 27,8	—	— 28,5	—

Procentische Ab- und Zunahme der Aschebestandtheile von Hund II

	gegenüber dem Hunde *B*				gegenüber dem ausgewachsenen Hunde			
	Asche	Fe_2O_3	CaO	MgO	Asche	Fe_2O_3	CaO	MgO
Leber	— 4,2	+ 80,1	+ 23,9	— 3,9	—	—	--	—
Muskeln . . .	— 23,8	— 20,0	— 51,3	— 22,7	— 14,5	— 65,9	— 46,6	—
Blut	— 16,6	+ 9,2	— 41,3	+ 2,3	— 14,6	— 2,1	— 20,8	—

Hund *C* hat demnach gegenüber dem gleichaltrigen Hunde *B* verhältnissmässig am wenigsten Kalk aus der Leber eingebüsst, dann aus dem Blute und dem Muskel. Dies sind ähnliche Verhältnisse, wie sie Forster für seinen aschearmen Hund gefunden hat. Der Knochen stellt sich in der Kalkabnahme zwischen Blut und Muskel. Auffallend viel betheiligt sich das Gehirn am Kalkverluste. Gegenüber *A* hat der Kalkgehalt des Muskels von *C* sogar etwas zugenommen; es beweist dies, dass sich im Muskel aus dem kalkarmen Futter noch eine geringe Menge von Kalk abgelagert hat, während dies für den Knochen nicht mehr der Fall war. Der grosse Magnesiaverlust des Skelets ist nicht ganz genau, da die Zahlen aus zu kleinen Werthen abgeleitet sind; es soll damit nur gezeigt werden, dass der Magnesiagehalt ebenfalls abgenommen hat.

Uebereinstimmend mit diesen Resultaten des dritten Versuches hat auch im zweiten (bei Hund II) das Blut weniger Kalk verloren als der Muskel; ja der letztere ist in seinem Procentgehalte an

Kalk (0,039 %) unter dem des jungen Hundes *A* (0,048). Die Leber hat sogar im Vergleich mit Hund *B* an Kalk gewonnen.

Es nehmen also alle Organe bei kalkarmem Futter an dem Kalkmangel mehr oder weniger Theil. Dadurch lassen sich die pathologischen Erscheinungen von Seite der Muskeln und des nervösen Apparates direct aus der anormalen Zusammensetzung der Organasche erklären und brauchen nicht auf eine indirecte Wirkung der Skeleterkrankungen zurückgeführt zu werden.

Ausserdem bin ich noch im Stande, die Zunahme der einzelnen Organe und damit des ganzen Körpers an organischer Substanz und das Verhalten der Aschebestandtheile zu zeigen, wenn ich mit Hilfe von Hund *A* die Anfangsgewichte von *B* und *C* feststelle. Zur Ermittlung der Knochenzusammensetzung nehme ich die Zahlen des unmacerirten Knochens und zwar in der Weise, dass ich die platten Knochen nach der Scapula, die Röhrenknochen nach dem Humerus berechne. Es wogen:

	von Hund *A*	von Hund *B*	von Hund *C*
die Rumpfknochen	108,9g	172,0g	151,9g
die Röhrenknochen	68,7	110,8	93,0

Die übrigen Weichtheile ausser Muskeln, Blut und Leber berechne ich nach der Zusammensetzung der Leber. So erhalte ich:

Hund *B*.

zu Anfang des Versuches:

	Gewicht trocken	organ. Substanz	Asche	Fe_2O_3	CaO	MgO	P_2O_5
Knochen .	190,0	124,87	65,163	—	34,182	0,767	26,679
Muskeln . .	226,48	214,75	11,734	0,095	0,105	0,379	—
Blut . . .	14,18	13,18	1,004	0,033	0,021	0,007	—
Leber . . .	39,28	37,17	2,114	0,062	0,020	0,050	—
übrige Weichtheile . .	223,82	211,78	12,045	0,351	0,113	0,285	—
		591,73	92,060	0,541	34,441	1,488	—

zu Ende des Versuches:

Knochen .	282,8	174,895	107,905	—	55,513	0,976	43,534
Muskeln . .	300,06	285,476	14,584	0,117	0,235	0,455	—
Blut . . .	40,77	38,388	2,382	0,105	0,043	0,017	—
Leber . .	55,84	53,069	2,771	0,087	0,026	0,070	—
übr. Weichth.	293,98	279,394	14,586	0,460	0,135	0,371	—
		831,222	142,228	0,769	55,952	1,889	—

Differenz:

	Gewicht trocken	organ. Substanz	Asche	Fe_2O_3	CaO	MgO	P_2O_5
Knochen .	92,8	50,026	42,742	—	21,331	0,209	16,853
Muskeln . .	73,58	70,730	2,850	0,022	0,130	0,076	—
Blut . . .	26,59	25,212	1,378	0,072	0,022	0,010	—
Leber . .	16,56	14,573	0,657	0,025	0,006	0,020	—
übr. Weichth.	70,16	67,619	2,541	0,109	0,022	0,086	—
		228,160	50,168	0,228	21,511	0,401	—

Hund *C.*

zu Anfang des Versuches:

	Gewicht trocken	organ. Substanz	Asche	Fe_2O_3	CaO	MgO	P_2O_5
Knochen .	192,0	125,235	66,773	—	34,501	0,774	26,935
Muskeln . .	228,61	216,766	11,844	0,096	0,106	0,382	—
Blut . . .	14,28	13,267	1,013	0,033	0,021	0,008	—
Leber . . .	39,66	37,526	2,134	0,063	0,021	0,051	—
übrige Weichtheile . .	225,92	213,762	12,158	0,354	0,114	0,287	—
		606,656	93,922	0,546	34,763	1,502	—

zu Ende des Versuches:

Knochen .	244,7	175,534	69,166	—	36,078	0,681	28,852
Muskeln . .	277,28	263,244	14,036	0,100	0,143	0,444	—
Blut . . .	45,03	42,046	2,984	0,088	0,039	0,021	—
Leber . . .	65,46	61,899	3,561	0,082	0,027	0,102	—
übr. Weichth.	319,82	302,424	17,396	0,401	0,134	0,499	—
		845,147	107,143	0,671	36,421	1,747	—

Differenz:

Knochen .	52,70	50,299	2,393	—	1,577	— 0,113	—
Muskeln .	48,67	46,478	2,192	0,004	0,037	0,062	—
Blut . . .	30,75	28,779	1,971	0,005	0,018	0,013	—
Leber . .	25,80	24,373	1,427	0,019	0,006	0,051	—
übr. Weichth.	93,90	98,662	5,238	0,047	0,020	0,212	—
		248,591	13,221	0,075	1,658	0,245	—

Dem gegenüber stehen in der Einnahme[1]):

für Hund *B*.

	Gewicht	Asche	Fe_2O_3	CaO	MgO	P_2O_5
Fleisch	6150	79,950	0,783	1,383	2,646	27,471
Speck	1425	0,086	0,012	0,027	0,014	0,219
Brunnenwasser . . .	4000	—	—	0,377	—	—
Knochenasche . . .	39,0	39,000	—	20,280	0,195	15,600
		119,036	0,795	22,067	2,855	43,290

für Hund *C*.

Fleisch	6150	79,950	0,783	1,383	2,646	27,471
Speck	1425	0,086	0,012	0,027	0,014	0,219
destillirtes Wasser .	1000	—	—	—	—	—
		80,036	0,795	1,410	2,660	27,690

Wir ersehen daraus, dass Hund *C* in allen seinen Organen noch Asche und auch noch etwas Kalk abgelagert hat. Jedoch tritt der Kalkansatz bei ihm weit zurück gegenüber dem bei Hund *B*, während von der organischen Substanz bei beiden ungefähr gleich viel abgelagert wurde. Auch die übrigen Aschebestandtheile sind nicht wesentlich verschieden, wenn wir bei beiden Thieren den Kalk und die entsprechende Menge Phosphorsäure abziehen.

Durch Vergleichung des Ansatzes einzelner Stoffe mit den Einnahmen sehen wir, dass Hund *B* mit dem eingenommenen Kalk sehr knapp ausreichte, während die anderen Aschebestandtheile reichlich vorhanden waren. Bei Hund *C* finden wir sogar einen etwas grösseren Ansatz von Kalk, als der Einnahme an Kalk entspricht. Es beruht dies natürlich auf Fehlern in den Voraussetzungen, wahrscheinlich darauf, dass die Thiere mehr Kalk bekamen, als aus der Nahrung und dem Getränke berechnet worden ist, auf welche Fehlerquelle ich in einer späteren Abhandlung noch zu sprechen kommen werde. Im Harn und Koth schied der normale Hund von Heiss täglich nur 0,044 g Kalk und 0,063 g Magnesia aus; mein Hund sicherlich noch wesentlich weniger.

1) Den Gehalt des Ochsenfleisches an Aschebestandtheilen entnahm ich der Analyse Stölzel's, bei einem Gehalt des frischen Fleisches von 1,3 % Asche (Gorup-Besanez, physiologische Chemie 1878 S. 678). 1000 g Speck enthielten nach meiner Analyse 7 mg Fe_2O_3, 18,5 mg CaO, 9,6 mg MgO und 154 mg P_2O_5. Das Münchener Brunnenwasser (Quellwasser) lieferte im Liter 94,2 mg CaO.

Diese Zahlen beweisen, dass ich für den unmacerirten Knochen den Kalkgehalt ziemlich richtig angesetzt habe. Ebenso zeigt der Aschegehalt der Einnahme, dass die Nahrung bis auf den Kalk in ihren Bestandtheilen eine normale Entwicklung des Körpers gestattet hätte. Denn auch die Phosphorsäurezufuhr von 27 g bei *C* reicht hin, um den Phosphorsäureansatz in *B* zu decken, welcher höchstens, die trockenen Weichtheile mit 2 % Phorsphorsäure in Rechnung gebracht, 20 g beträgt.

Auch Tuczek hat das Skelet und die Weichtheile seiner Tauben untersucht. Da er aber den nämlichen Fehler wie ich begangen, das Skelet der Maceration zu unterwerfen, so können wir auch aus dieser Analyse nichts direct für das Skelet schliessen. Dagegen können wir sie benutzen, um den Ansatz von Kalk im ganzen Körper zu bestimmen.

Tuczek verfuhr in der Weise, dass er das Skelet möglichst von den Weichtheilen trennte und die Macerationsflüssigkeit mit den Weichtheilen, getrennt von den Knochen, analysirte. Er erhielt an Trockensubstanz in g:

	a jung	*b* mit Kalk	*c* ohne Kalk
von den Weichtheilen . . .	21,3	48,2	74,3
vom Skelet	6,0344	7,2515	6,9138

% Kalk in der Trockensubstanz:

	a jung	*b* mit Kalk	*c* ohne Kalk
in den Weichtheilen . . .	0,551	0,511	0,049
im Skelet	30,7	29,14	28,27

Berechnen wir mit Hilfe von *a* die Anfangsgewichte von *b* und *c*, so erhalten wir folgenden Kalkgehalt:

		b mit Kalk 13 Tage	*c* ohne Kalk 34 Tage
zu Anfang:	in den Weichtheilen	0,1105	0,1216
	im Skelet	1,7454	1,9037
	Summe	1,8559	2,0253
zu Ende:	in den Weichtheilen	0,2463	0,0366
	im Skelet	2,1131	1,9545
	Summe	2,3594	1,9911
	Differenz	+ 0,5115	— 0,0342

Dem gegenüber stehen für Taube *c* als Gesammteinnahme in 35 Tagen 0,3677 g Kalk, wovon nach Abzug des Kalks der Excremente noch 0,0126 g in den Körper aufgenommen wurden.

Der verhältnissmässig hohe Kalkgehalt der Weichtheile der Tauben rührt nicht von ihnen, sondern von der zugesetzten Macerationsflüssigkeit her.

Es beweist dieser Versuch an den Tauben eben so wie meine Versuche an den Hunden ein Wachsen der Weichtheile und des Skelets ohne den entsprechenden Kalkansatz. —

Nachdem ich durch alle diese Versuche dargethan habe, dass bei Kalkmangel in der Nahrung das Wachsthum des jugendlichen Organismus nicht beeinträchtigt wird, dagegen Erscheinungen hervorgerufen werden, die mit den rhachitischen identisch sind, komme ich noch zur weiteren Frage, ob auch unter den gewöhnlichen Ernährungsverhältnissen Kalkmangel eintreten kann und ob wir diesen als wesentliche Ursache für die so häufig auftretende Rhachitis ansehen dürfen.

Ich habe schon früher darauf hingewiesen, wie verschieden sich die ungenügende Kalkzufuhr in meinen Versuchen geäussert hat. Bei gleicher Zufuhr werden die Folgen um so früher und schlimmer auftreten müssen, je grösser der Bedarf des Thieres an Kalk ist, d. h. je rascher die Thiere wachsen. Im zweiten Versuche bei Fütterung mit Fleisch und Speck enthält das Skelet des Hundes kleiner Rasse bei Beginn des Versuches, die Zahlen von Hund *A* des dritten Versuches der Rechnung zu Grunde gelegt, etwa 34,63 g Kalk. Lassen wir das Thier zu Ende des Versuches als ausgewachsen gelten, so müsste sein normales Skelet von 308 g Gewicht (mit 30 % Wasser und 20 % Fett) 154 g fettfreie trockene Substanz und diese (bei 36 % Kalk) 55,44 g Kalk erhalten. Es hätte demnach das Thier während der 162 Tage des Versuches ungefähr 20,81 g Kalk, d. h. 0,128 g Kalk für den Tag, nur zur Ausbildung seines Skelets bedurft. Mit der Nahrung erhielt aber der Hund nur 4,201 g Kalk oder für den Tag 0,026 g, also nur 20,3 % der nothwendigen Kalkmenge.

Im dritten Versuche hat Hund *B* von grosser Rasse 21,511 g Kalk in 28 Tagen angesetzt, somit täglich 0,769 g Kalk. Dagegen hat er mit dem Fleisch und Speck täglich nur 0,047 g Kalk erhalten, das Uebrige mit dem kalkhaltigen Wasser und der Knochenasche.

Der Hund *C* nahm daher nur 6,1 % der nothwendig erforderlichen Kalkmenge auf. Fleisch und Speck führen also einem wachsenden Fleischfresser grosser und kleiner Rasse nicht genügend Kalk zu, während der kleine ausgewachsene Hund von Heiss völlig damit ausreichte. Dem grösseren Bedürfniss des Hundes im dritten Versuch entspricht ganz der frühe Beginn und die Intensität der pathologischen Erscheinungen. Ganz ähnliche Beispiele finden wir auch unter Roloff's Versuchsthieren.

Kalkarmuth vermag nach meinen Versuchen um so leichter einzutreten, je grösser die Rasse des Thieres ist oder vielmehr je schneller das Wachsthum desselben vor sich geht. Ein Nahrungsmittel, das für den kleinen wachsenden Organismus den Bedarf an Kalk deckt, kann für den grösseren nicht mehr hinreichen, da der letztere nicht proportional seinem Wachsthum grössere Mengen des Nahrungsmittels aufnimmt, weshalb er verhältnissmässig weniger Kalk erhält. Eine grössere Rasse bedarf also eines relativ kalkreicheren Futters. Dazu kömmt noch, dass selbst bei verhältnissmässig gleichem Kalkmangel die Folgen für den grösseren Organismus noch bedeutender ausfallen, wenigstens von Seite der Secundärerscheinungen des Skelets, dadurch, dass bei ihm die grössere Last des Körpers auf den procentisch gleich viel oder gleich wenig Kalk enthaltenden Knochen eine bedeutendere Einwirkung auszuüben im Stande ist. Deshalb war wohl auch bei Tuczek's Taube die secundäre Skeleterkrankung sehr wenig auffallend. Trotzdem war bei ihr der relative Kalkmangel ziemlich bedeutend; aber er rief in der Zeit von 35 Tagen bei dem kleinen, verhältnissmässig wenig wachsenden Thiere noch keine pathologischen Veränderungen in den Knochen hervor. Die Taube *b* (mit Kalk) hatte innerhalb 13 Tagen 0,5115 g Kalk angesetzt; das gäbe bei gleichen Verhältnissen für die Taube *c* (ohne Kalk) in 35 Tagen 1,375 g Kalk. Da aber die am Körper wirklich angesetzte Menge von Kalk nur 0,0126 g betrug, so waren nur 0,91 % der nöthigen Kalkmenge der Taube zur Verfügung gestanden. Und dies machte sich auch durch die Erscheinungen von Seite des nervösen Centralapparates geltend.

Ich möchte noch darauf aufmerksam machen, dass kleine Thiere leicht durch zufällige Aufnahme von Kalk vom Boden etc. ihren

minimalen Kalkbedarf decken können; eine wachsende Taube z. B. braucht täglich nur 39 mg Kalk zu ihrer normalen Entwicklung. Auf solchen Umständen beruht wahrscheinlich auch das negative Resultat Zalesky's[1]), welcher ganz junge Tauben 103 Tage lang mit geschwemmter Gerste und destillirtem Wasser fütterte und trotzdem normales Wachsthum und regelmässige Knochenzusammensetzung fand. Hätten auch die Weichtheile allen ihren Kalk zu Gunsten der Knochen verloren, so würde das bei ihrem geringen Gehalte an Kalk doch nicht im entferntesten ausgereicht haben.

Die 0,77 g Kalk, welche mein Hund im dritten Versuche zu seinem Normalwachsthum für den Tag nöthig hatte, hätten ihm durch geringe Quantitäten von anderen Nahrungsmitteln zugeführt werden können. Um den Bedarf an organischer Substanz zu decken, hätte er z. B. 1,2 Liter Milch bedurft, welche, zu 0,74 % Asche mit 23 % Kalk gerechnet, ungefähr 2 g Kalk enthalten. Es würde also diese Milchmenge den nöthigen Kalk dem Hunde liefern, wenn der Kalk bis auf 36 % im Darm ausgenützt würde.

Aus Jul. Lehmann's Versuchen über den Nährwerth des Fleischmehls können wir das Kalkbedürfniss junger Schweine entnehmen. Lehmann fütterte drei 2 Monat alte Schweine während 126 Tagen; Nr. I und II erhielten ein Gemenge von Fleischmehl und Kartoffeln, Nr. II unter Zusatz von Kalk; Nr. III bekam ausschliesslich Kartoffeln. Nehme ich das lufttrockene Skelet bei Beginn des Versuches zu 5 % des Körpergewichts an, berechne ich ausserdem im Skelet 20 % Asche und darin 52 % Kalk, ferner in den Weichtheilen wie in den Muskeln 0,025 g Kalk, so bekomme ich aus Lehmann's Angaben folgende Resultate:

zu Anfang des Versuches			zu Ende des Versuches						
Körpergewicht in kg	Skeletgewicht lufttr. in kg	% des Körpergewichts	Körpergewicht in kg	Skeletgewicht lufttr. in kg	% des Körpergewichts	Skeletzuwachs in kg	entsprech. Kalkmenge	Zuwachs an Weichtheilen in kg	entsprech. Kalkmenge
I 26,00	1,300	5	98,75	3,360	3,4	2,060	214 g	70,7	17,8 g
II 25,25	1,262	5	93,75	3,054	3,3	1,792	186	66,7	16,8
III 25,25	1,262	5	55,00	1,593	2,9	0,331	34	29,4	7,4

1) Hoppe-Seyler, med.-chem. Untersuchungen 1866 Hft. 1 S. 45.
2) Zeitschrift des landwirthschaftl. Vereins in Bayern, Decemberheft 1873.

Daraus erhalten wir als Kalkansatz am Körper

in 126 Tagen für I: 231,8	für II: 202,8	für III: 41,4
im Tag für I: 1,84	für II: 1,61	für III: (0,33).

Als Kalkeinnahme berechne ich dagegen nach J. Lehmann's Mittheilungen:

	für I	für II	für III
	265,92	867,08	152,66
	6,93[1])	6,93	6,93
	272,85	874,91	159,59
für den Tag	2,17	6,9	1,3

Darnach war nur die dem Thiere II gegebene Kalkmenge vollkommen ausreichend; denn man muss bedenken, dass eine gewisse Menge Kalk mit den Excrementen abgeht und sonach nicht zum Kalkansatz im Körper dient. Wir können nach Boussingault für ein Schwein, das mit Kartoffeln in der von Lehmann gegebenen Menge gefüttert wurde, eine tägliche Ausscheidung von 1 g Kalk durch die Excremente annehmen. Es wäre dann Lehmann's Schweinen täglich an Kalk für das Wachsthum zur Verfügung gestanden:

für I	für II	für III
1,17	5,9	0,3

Thier III reichte mit der kleinen im Körper verbleibenden Kalkmenge zur normalen Entwicklung des Skelets nicht aus, darum zeigte es auch die Erscheinungen der Rhachitis, von welchen Lehmann berichtet. Auch das Thier I erhält in der grossen Masse Fleischmehl und Kartoffeln nicht genügend Kalk, und es muss kalkarm sein, wenn es nicht im Tränkwasser und vom Boden hinreichend Kalk erhalten hat. Dafür spricht auch eine Andeutung von Lehmann, nach welcher das Skelett von I nicht so dicht und fest gewesen ist wie von II, auch kein so hohes specifisches Gewicht und keinen so hohen Aschegehalt gehabt habe.

Zu ähnlichen Zahlen über das Kalkbedürfniss des wachsenden Schweines gelangen wir durch Boussingault's[2]) Angaben, welcher

1) Ich berechne diese Zahl für den Kalkgehalt des Kochsalzes, welches die Thiere zum Futter bekamen; Stassfurter Salz enthält nach J. Lehmann 0,346 % Kalk (Mittheilungen des landwirthschaftl. Kreisvereins für die Oberlausitz 1860 Bd. 3 S. 717).

2) Annal. de Chim. et de Phys. 3. Sér. 1845 T. 14 p. 419.

das Wachsthum des Skelets bei Schweinen in der Weise verfolgte, dass er von drei neugeborenen Thieren des nämlichen Wurfes das eine gleich, das andere in 8, das dritte in 11½ Monaten tödtete und dann das Skeletgewicht sowie dessen Kalkgehalt bestimmte.

	Körpergewicht in kg	Skeletgewicht lufttr. in g	% des Körpergewichts	Asche des Skelets	% Asche im lufttr. Skelet	% Ca O in Skeletasche
I neugebor. Schwein	0,650	48,2	7,4	20,7	43,0	48,0
II 8 Monat altes „	60,055	2901,0	4,8	1349,5	46,5	51,5
III 11½ „ „ „	67,240	3407,0	5,1	1686,0	49,5	52,0

Es hat somit Thier II für den Tag um 11,7 g Skelet = 2,8 Kalk zugenommen,
„ III vom 8. Monat an um 4,8 „ = 1,7 „

Während der letzten 3½ Monate hatte Boussingault dem Schwein III nur Kartoffeln gegeben und zwar 5,1 kg im Tag mit 0,93 g Kalk. In den Excrementen schied das Thier aber 1,1 g Kalk aus; es müsste also der Körper täglich 0,2 g Kalk abgegeben haben, wenn das Thier die für das Skeletwachsthum im Tag nöthigen 1,7 g Kalk nicht im Wasser, mit dem Salz etc. erhalten hätte. Bei kalkarmem Wasser und Boden würde auch dieses Thier an Rhachitis erkrankt sein. Noch viel weniger würde die angegebene Ernährungsweise in den ersten Lebensmonaten, wo 2,8 g Kalk täglich für die Entwicklung der Knochen nöthig sind, genügt haben.

Noch weit höher als für das Schwein stellt sich das Kalkbedürfniss bei dem saugenden Rinde. Soxhlet[1]) hat in seinen Untersuchungen über den Stoffwechsel des Saugkalbes die Einnahme und Ausgabe an Aschebestandtheilen zusammengestellt. Er giebt für 2—3 Wochen alte Thiere von ungefähr 50 kg Gewicht als Nahrungsbedürfniss 8093 g Milch an. Von den in der Milch enthaltenen 15 g Kalk erscheinen nur 0,5 g im Kothe und Harn wieder, und sind im Organismus 14,5 g Kalk zum Wachsthum nöthig gewesen. Wir gelangen also hier auch bei Zufuhr von Milch schon an die Grenze, wo der Körper nahezu allen in der Nahrung enthaltenen Kalk zum normalen Wachsthum verbraucht; weicht daher

1) Erster Bericht über Arbeiten der k. k. landwirthschaftl. Versuchsstation in Wien 1870—77.

die Milch nur wenig von ihrem normalen Kalkgehalte ab, so wird diese Grenze schon überschritten und ein normaler Kalkgehalt des Skelets nicht möglich sein. Ueberdies besass die von Soxhlet gegebene Milch einen ziemlich hohen Asche- und Kalkgehalt, sie gab frisch 0,759 % Asche (mit 24,04 % Kalk im Mittel) und 0,182 % Kalk. Der mittlere Aschegehalt der Kuhmilch[1]) ist 0,70 %, geht aber bis 0,50 % herunter. Rechnen wir ferner mit dem Kalkgehalt der Asche wie ihn Weber[2]) angiebt, nämlich mit 17,31 %, so erhalten wir für die frische Milch nur 0,087 % Kalk, in welchem Falle die Milch entschieden unzureichend für den Kalkbedarf sein dürfte.

Aehnliche Angaben wie Soxhlet machte J. Lehmann[3]) über den täglichen Bedarf an Kalk für das Wachsthum eines 5 Monat alten Kalbes, nämlich 10 g im Tag, und Weiske[4]) für das eines Ochsenkalbes von 5—6 Monaten, für welches er 13—14 g Kalk täglich als nöthig bezeichnet.

Ueber das Wachsthum des Kindes endlich habe ich sehr wenig Angaben gefunden. Quetelet[5]) giebt für die Gewichtszunahme bei Kindern folgende Zahlen an:

Alter in Jahren	Körpergewicht in kg	Zuwachs des Körpergewichts
Neugeboren	3,2	—
1	9,45	6,25
2	11,34	1,89
3	12,47	1,13
4	14,23	1,74
5	15,77	1,54
6	17,24	1,47
7	19,10	1,86
8	20,76	1,66
9	22,65	1,89
10	24,52	1,87

1) König, chem. Zusammensetzung der menschl. Nahrungs- u. Genussmittel S. 33.

2) Gorup-Besanez, physiologische Chemie 1878 S. 426.

3) Lehmann, Mittheilungen des landwirthschaftl. Kreisvereins für die Oberlausitz 1860 Bd. 3 S. 129.

4) Journal für Landwirthschaft 21 Jahrg. Hft. 2 S. 142.

5) Vierordt, Physiologie des Kindesalters 1877 S. 14.

Die Entwicklung des Kindes ist also gegenüber der grösserer Thiere eine sehr langsame und daher im Allgemeinen die Gefahr für zu geringe Kalkaufnahme eine geringere.

Specielle Angaben, welche sich für meine Aufgabe verwerthen lassen, sind noch wenige vorhanden. Es ist selbstverständlich, dass aus der Gewichtszunahme noch nicht direct auf die Menge des nothwendigen Kalkes geschlossen werden darf, da das Wachsthum des Skelets nicht proportional dem des ganzen Körpers vor sich geht. Eben so ist, so weit das aus dem Skeletwachsthum bei Thieren zu entnehmen ist, der Wassergehalt der Knochen in stetiger Abnahme begriffen, während dagegen der Aschegehalt derselben zunimmt. Diese Verhältnisse sind aber in Bezug auf das Kindesalter bis jetzt noch völlig unberücksichtigt geblieben. Ich muss also hierüber approximative Zahlen, wie sie am ausgewachsenen Menschen gefunden worden sind, annehmen. Eben so wenig finden sich sichere Angaben über die Nahrungsaufnahme bei Kindern und über deren Ausnützung im Darmkanal. Camerer[1]) giebt für ein Kind von der Geburt bis zum ersten Lebensjahre die Körpergewichte und für bestimmte Tage auch die aufgenommene Nahrungsmenge an. Ich habe diese Angaben in der Weise ergänzt, dass ich für die nicht bestimmten Tage die mittleren Werthe zwischen den zwei angrenzenden Bestimmungen wählte. In der Periode, wo Frauenmilch und Kuhmilch zu gleicher Zeit gereicht wurde, nehme ich von beiden gleiche Mengen an. Das Wachsthum des Skelets des Kindes im ersten Lebensjahre berechnete ich aus der von Camerer ermittelten Körpergewichtszunahme in der Weise, dass ich ersteres zu 16,7 %[2]) des letzteren annahm, was auch mit meinen Ermittlungen an jungen Hunden ungefähr übereinstimmt.

Für die Knochenzusammensetzung verwende ich die Zahlen, welche Volkmann[3]) für den ausgewachsenen frischen menschlichen Knochen gefunden hat, nämlich 21,85 % Asche (mit 52,8 % Kalk) und 11,54 % Kalk.

---

1) Zeitschrift für Biologie 1878 Bd. 14 S. 383.

2) Vierordt, Physiologie des Kindesalters 1877 S. 21.

3) Berichte der k. sächs. Gesellschaft d. Wissensch., math.-phys. Klasse 1873 S. 305.

Für die Kuhmilch nehme ich[1]) als Mittelzahl 0,70 % Asche mit 23,5 % Kalk, d. h. 0,165 % Kalk in der frischen Milch an; für die Frauenmilch 0,49 % Asche mit 16,4 % Kalk, d. h. 0,080 % Kalk in der frischen Milch.

Unter diesen Annahmen bekomme ich folgende Tabelle:

	Dauer der Periode in Tagen	Nahrungsmenge				Körpergewicht in g			Skelet-zuwachs	Ca O darin
		Frauenmilch in Liter	Kuhmilch in Lit.	gemischte Nahrung frisch in g	Ca O darin	Anfang	Ende	Differenz		
I	163	111	—	—	88,8	3280	6122	2842	474,6	54,7
II	47	25	25	—	62,25	6122	6870	748	124,9	14,4
III	35	—	47	—	77,65	6870	7585	715	119,4	13,8
IV	114	—	164	35	270,60	7585	8965	1380	230,5	26,6

Berechnen wir daraus für die einzelnen Perioden die mittlere tägliche Kalkzufuhr und die im Skelet angesetzte Menge Kalk, so bekommen wir:

	Kalkzufuhr	im Skelet angesetzt
I	0,55	0,34
II	1,32	0,31
III	2,21	0,39
IV	2,37	0,23

Zwei weitere Beispiele für den Kalkbedarf des Kindes hat Forster[2]) in seinen Beiträgen zur Ernährungsfrage gegeben.

Ein 4 Monat altes 5,53 kg schweres Kind erhielt in 30 Tagen 6043,4 Chamer condensirte Milch mit 134,7 Asche. Nehmen wir für diese Asche die nämliche Zusammensetzung wie für die Kuhmilchasche an, d. h. 23,5 % Kalk, so erhielt das Kind in 30 Tagen 31,65 g oder im Tag 1,06 g Kalk in seiner Nahrung.

Camerer's Kind ist vom 4. auf den 5. Monat um 578 g schwerer geworden. Es würde dies nach den früheren Annahmen 96,5 g Skelet mit 11,13 % Kalk entsprechen; d. h. das Kind hätte zum Wachsthum des Skelets täglich 0,371 g Kalk bedurft.

1) König a. a. O. S. 25 u. 33; Gorup-Besanez, physiologische Chemie 1878 S. 426 u. 427; Forster, Mittheilungen aus der morph.-physiolog. Gesellschaft zu München Nr. 3 Sitzung v. 6. März S. 8.

2) Zeitschrift für Biologie 1873 Bd. 9 S. 381.

Ein anderes 7 Wochen altes Kind bekam nach Forster für den Tag 71,5 g feines lufttrockenes Weizenmehl, 500 ccm Kuhmilch und 47,5 g Zucker. Nehmen wir für das Weizenmehl[1]) 0,04 % Kalk an, so würden in der täglichen Gesammtnahrung des Kindes 0,884 g Kalk enthalten sein. Vergleichen wir alle diese Kalkmengen in der Zufuhr des Kindes mit dem aus der Gewichtszunahme berechneten Kalkbedürfniss für die Entwicklung der Knochen, so erscheinen dieselben für die gewöhnlichen Verhältnisse völlig zureichend, selbst wenn die Zusammensetzung der Milch weniger günstig ausfällt. Doch gelangen wir auch hier schon an die Grenze, wenn wir für Camerer's Kind in der ersten Periode für Frauenmilch die niedrigsten Ansätze nehmen, nämlich 0,14 % Asche mit 14,8 % Kalk, da dabei das Kind nur mehr 0,141 g Kalk täglich bekömmt.

Ueberdies wissen wir über die Ausnützung der Aschebestandtheile der Milch im kindlichen Organismus noch wenig. Die einzige Bestimmung der Art hat Forster[2]) gemacht, bei der er die Ein- und Ausfuhr an Kalk bei einem 3 Monat alten Kinde bestimmte. Er gab während 7 Tagen mit der Milch 12,18 g Kalk, d. h. für den Tag 1,74 g; davon wurden mit dem Koth wieder entleert 9,24 g, so dass davon dem Körper für 7 Tage 2,94 g Kalk, also für den Tag 0,42 g, zu gute kommen. Diese scheinbar schlechte Ausnützung des Kalkes im Darm, von nur 25 % des in der Nahrung aufgenommenen, sagt vorläufig weiter nichts aus, als dass das Kind zu seinem Wachsthum nicht mehr Kalk bedurfte und eben den Rest durch Harn und Koth entleerte; es ist damit aber die Grenze der Resorptionsfähigkeit gewiss noch nicht gegeben. Es ist sogar nach den früher mitgetheilten Zahlen die hier dem Körper im Tag gelieferte Kalkmenge von 0,42 g ziemlich hoch. Berechnen wir aus den 170 g, welche das Kind in den 7 Tagen an Körpergewicht zu-

---

1) Liebig's Agriculturchemie 9. Aufl. 1876 S. 578, 580.

100 lufttrocken		Asche	CaO
Weizenmehl	Semmelmehl . . .	0,61	0,041
„	Semmelmehl . . .	0,59	0,040
„	Feinmehl	0,47	0,013

2) Mittheilungen aus der Münchener morph.-physiolog. Gesellschaft Nr. 3.

nahm, ganz ähnlich wie vorher dessen Skeletwachsthum, so erhalten wir 28,5 g Skelet mit 3,28 g Kalk, während sich aus der vom Körper wirklich zurückgehaltenen Kalkmenge nur 25,5 g Skelet mit 2,94 g Kalk bilden können. Diese Differenz kann aber sehr wohl auf eine grössere Entwicklung der Weichtheile zurückgeführt werden.

Wir haben gesehen, dass bei Saugkälbern die Kuhmilch in Bezug auf Kalk sehr gut ausgenützt wird, da von der im Tag gegebenen Menge von 15 g Kalk nur 0,5 g in den Excrementen wieder erschienen; das ist also eine Ausnützung von 96,7 %. Diese hohe Zahl bedeutet gegenüber der von Forster gefundenen von 25 % wahrscheinlich weiter nichts, als dass eben das Kalb zum Wachsthum mehr Kalk bedarf und deshalb mehr in den Körper aufnimmt und in ihm zurückhält. Es kann aber auch die Ausnützung im kindlichen Darm wirklich eine schlechtere sein, wie das ja auch für die organischen Bestandtheile der Fall ist, welche beim Kalbe bis auf 2,3 % aufgenommen werden, während das Kind immer noch 5% der eingenommenen organischen Stoffe mit dem Koth ausscheidet.

In diesem Falle könnte, zumal bei kalkarmer Milch, beim Kind Kalkmangel gegeben sein. Noch eher würde ein solcher Fall eintreten, wenn statt der Milch theilweise Mehl gegeben wird, das auf Trockensubstanz berechnet weit weniger Kalk enthält als die Milch (1,6 %), z. B. Semmelmehl nur 0,04 %. In der Nahrung wird der Kalk um so mehr zurücktreten, je mehr die Kohlehydrate sich in den Vordergrund drängen, zumal wenn dabei Verdauungsstörungen und Diarrhöen auftreten, wodurch die Kalkresorption bedeutend herabgesetzt werden kann.

Das gilt natürlich auch für den Uebergang von Milchkost zur gemischten Nahrung, die durchwegs weit ärmer an Kalk ist. Um den im ersten Lebensjahre für die Knochenbildung nothwendigen Kalk von 0,3 g pro Tag zuzuführen, brauchten wir z. B. 1,2 kg Fleisch, eine Menge die vom Kinde unmöglich verzehrt werden kann.

Wir ersehen aus all diesen Betrachtungen, dass Mangel an Kalk in der Nahrung beim Kinde gar nicht so schwer eintritt, vor allem leicht in der Uebergangsperiode von Milchkost zur gemischten Ernährung. In der späteren Zeit nimmt das Kind im Mittel nur

mehr um 1,5 kg im Jahr zu, was einem Kalkbedarf für den Knochen von 28,17 g oder für den Tag von 0,077 g entspricht. Dafür wird also der in der gemischten Kost enthaltene Kalk eher hinreichen, zumal in späteren Jahren mehr Nahrung verzehrt wird als im ersten Lebensjahre. Denn je mehr von einem bestimmten Nahrungsmittel aufgenommen wird, desto eher wird der Kalkgehalt desselben zur normalen Entwicklung genügen, da das Wachsthum der Weichtheile, welches durch grossen Futterconsum vor allem gefördert wird, sehr wenig Kalk in Anspruch nimmt, so dass verhältnissmässig mehr Kalk dem Skelet verbleibt. Ist aber die Gesammtzufuhr eine ungenügende und diese noch dazu arm an Kalk, so werden bei sonst normaler Skeletentwicklung des wachsenden Organismus die Folgen sich hauptsächlich in einer zu geringen Kalkablagerung an den Knochen kund geben. Bei Lehmann's Versuchen wird das Schwein I hauptsächlich durch die ungeheure Nahrungsmenge, welche es aufgenommen hat, von grösserer Kalkverarmung und deren Folgen bewahrt; gerade wegen der ungenügenden Nahrungszufuhr und dem dadurch bedingten Kalkmangel traten beim Kartoffelschwein III die Erscheinungen in erhöhtem Maasse auf.

Wie Kalkmangel wird natürlich auch Phosphorsäuremangel in der Nahrung die Bildung von Kalkphosphat im Knochen verhindern, und wir werden dadurch die nämlichen secundären Erscheinungen der Rhachitis erhalten. Dies wird jedoch viel schwerer eintreten, da die Phosphorsäure einmal in etwas geringerer Menge im Skelet enthalten ist und auch die meisten Nahrungsmittel an Phosphorsäure ungleich reicher sind als an Kalk.

Ich habe bei diesen Betrachtungen über das Kalkbedürfniss für den wachsenden Organismus nur die Zufuhr von Kalk in der festen Nahrung und nicht im Trinkwasser berücksichtigt. Es ist gewiss, dass durch das letztere bedeutende Mengen von Kalk dem Körper zugeführt werden können; schon Boussingault hat berechnet, welch grosse Quantitäten Kalk im Tränkwasser vom Bechelbronn das Vieh erhalten hat. Bei kalkarmem Wasser liegt daher die Gefahr der Rhachitis näher als bei kalkreichem.

Ich kann die Hauptresultate dieser Untersuchungen kurz in Folgendem zusammenfassen.

Junge Thiere, deren Knochen noch nicht ausgewachsen sind, entwickeln sich bei kalkarmem, jedoch im Uebrigen ausreichendem Futter, denn der ganze Körper und die einzelnen Organe, auch das Skelet, nehmen an Masse wie normal zu, aber es findet in Folge des Kalkmangels, unter gleichzeitiger Abnahme des Kalkgehalts der übrigen Gewebe, die normale Verknöcherung des Skelets nicht statt und es treten alle Erscheinungen der rhachitischen Erkrankung auf, und zwar um so früher, je grösser das Kalkbedürfniss oder je rascher das Wachsthum des Thieres ist, also früher bei Thieren grösserer Rasse. Ich will es unternehmen jeden jungen Hund grösserer Rasse in 3—4 Wochen durch Fütterung mit kalkarmem Muskelfleisch und reinem Fett, ohne Abmagerung des Thieres, hochgradig rhachitisch zu machen.

Es bildet sich die Rhachitis bei wachsenden Thieren nicht dadurch aus, dass der vorhandenen normalen Knochensubstanz einfach Kalk entzogen wird, sondern es wächst bei kalkfreiem Futter die organische Grundlage der Knochen weiter, es ist aber nur sehr wenig Kalk zur Verknöcherung derselben vorhanden. Es wird nämlich dabei aus allen Organen und auch aus den früher in normaler Weise verknöcherten Knochen Kalk an die Säfte abgegeben, der zum Theil in das neu gebildete Ossein abgelagert wird, so dass schliesslich letzteres nicht frei von Kalk ist, der ältere Knochen dagegen weniger als früher enthält.

Es ist klar, dass nicht nur bei Mangel an Kalk im Futter und der Kost dem Körper zu wenig Kalk geboten wird, sondern auch dann, wenn aus irgend einem Grunde z. B. wegen Verdauungsstörungen und Diarrhöen oder wegen Aufnahme von viel kotherzeugenden Nahrungsmitteln nur wenig von dem in den Darm eingeführten Kalk resorbirt wird. Bei Kindern sieht man meist die Rhachitis mit Verdauungsstörungen einhergehen und nach Beseitigung derselben schwinden. In diesem Falle wird die therapeutische Darreichung von Kalk keinen Erfolg haben, wohl aber eine richtige Ernährungsweise ohne Vermehrung der Kalkzufuhr, bei der die Diarrhöen schwinden. Auf diese Weise erklärt es sich, warum von zwei Kindern, welche beide qualitativ und quantitativ ganz die gleiche Nahrung empfangen, das eine gesund bleiben, das andere aber

rhachitisch werden kann. Es ist unmöglich, dass bei der Rhachitis, welche nur in einer Nichtablagerung von Kalk im sonst normal entwickelten Skelet besteht, mehr Kalk als normal im Harn sich findet; im Koth wird allerdings mehr Kalk enthalten sein, wenn die Rhachitis nicht von Kalkarmuth in der verzehrten Nahrung, sondern von der Ausscheidung des Kalkes im Koth bei Diarrhöen oder Verdauungsstörungen herrührt.